

**Doutoramento em Segurança e Saúde Ocupacionais**



Tese apresentada para obtenção do grau de Doutor  
Em Segurança e Saúde Ocupacionais  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

# **INFLUÊNCIA DO AMBIENTE TÉRMICO NA AMPLITUDE DO SINAL EEG EM ATIVIDADES SEDENTÁRIAS**

INFLUENCE OF THERMAL ENVIRONMENT  
ON EEG SIGNAL AMPLITUDE IN SEDENTARY ACTIVITIES

Emília Rosa Quelhas Moreira da Costa

**Orientador:**

Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

**Coorientador:**

Professor Doutor José Torres Costa (Faculdade de Medicina da Universidade do Porto)

**Coorientador:**

Professor Doutor Miguel Tato Diogo (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

**2015**



---

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)      ISN: 3599\*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)



**FOLHA DE ROSTO.**

# **INFLUÊNCIA DO AMBIENTE TÉRMICO NA AMPLITUDE DO SINAL EEG EM ATIVIDADES SEDENTÁRIAS**

Tese apresentada para obtenção do grau de Doutor  
Em Segurança e Saúde Ocupacionais  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto





## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Tese de Doutoramento para obtenção do grau de Doutor  
Em Segurança e Saúde Ocupacionais  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

### **Aprovada por:**

---

Presidente, Professora Doutora Olívia Maria de Castro Pinho

---

Professor Doutor Mário de Almeida Rodrigues Talaia

---

Professor Doutor Pedro Miguel Ferreira Martins Arezes

---

Professor Doutor João Paulo Vilas Boas Soares Campos

---

Professor Doutor José Castela Torres Costa

---

Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista

---

Professor Doutor Jorge Manuel Cabral Machado de Carvalho



À minha querida Mãe que está sempre no meu coração.

Ao meu Pai que durante estes quatro anos me apoiou e que tanta paciência teve comigo.

À minha Irmã e Cunhado além do apoio incondicional, pelo incentivo sempre presente e pelo modelo de prontidão e solidariedade.



## AGRADECIMENTOS

Esta caminhada de doutoranda foi sem dúvida um dos maiores desafios que tive que enfrentar na minha vida, até esta data. Ao longo deste trajeto, houve muitas barreiras que testaram a minha resistência, no entanto, tive muitas pessoas que me ajudaram. Quero começar por agradecer aos meus supervisores académicos:

Professor Doutor João Manuel Santos Baptista, como orientador, a quem fico eternamente grata pelo tempo que investiu em ajudar-me a superar as barreiras que teimavam em persistir, e foram muitas;

Aos co-orientadores Professor Doutor Miguel Tato Diogo e Professor Doutor José Torres Costa, que também me ajudaram sempre que foi necessário.

Quero também agradecer ao Professor Doutor Barbedo de Magalhães, Diretor inicial, e à Professora Doutora Olívia Pinho, Diretora atual do Programa Doutoral em Segurança e Saúde Ocupacionais.

Agradeço ao Professor Doutor Jorge Carvalho, pela sua disponibilidade e ao Professor Doutor Manuel Oliveira, que me ajudou no tratamento estatístico.

Agradeço também ao Professor Doutor Pedro Almeida que me facultou os códigos para interpretação dos dados e à Mariana, aluna de mestrado de Psicologia, que me ajudou na interpretação de alguns conceitos da área de neuropsicologia e no tratamento de dados.

Agradeço à Dr<sup>a</sup> Gilda Pimenta pela revisão dos artigos publicados em Inglês.

Agradeço à AEFEUP (Associação de Estudantes da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto) organização que me encaminhou alguns voluntários.

Um agradecimento muito especial a todos os voluntários, que comigo colaboraram, pelo seu tempo e entusiasmo na participação dos meus ensaios, pois sem eles não seria possível realizar o trabalho experimental. Dedico-lhes por esta razão os resultados obtidos.

Agradeço à Daniela Couto e à Joice Chagas pela assistência aos testes piloto e finais, respetivamente, e à Carmen Tavares na tradução de alguns artigos técnicos.

Agradeço ao Emanuel Costa por ter acreditado neste trabalho e ter realizado a sua dissertação de mestrado nesta área.

Agradeço aos meus colegas do curso de doutoramento em SSO que, de uma forma ou outra, sempre me deram uma palavra de alento e incentivo.

À Luísa Matos que me tem acompanhado na vida académica e à Alice Soares (e respetiva família) que também me têm acompanhado ao longo destes anos.

A todos os meus amigos e família que sempre me acompanharam e que em algum momento me animaram a terminar este trabalho que começou há quatro anos atrás.

Muito obrigada a todos.



## RESUMO

Numa sociedade onde a maior parte das atividades são realizadas em espaços interiores, a importância do estudo do ambiente térmico e a consequente resposta fisiológica e psicofisiológica, é de primordial importância. Cada vez mais, no mundo laboral, a atividade física é substituída por esforço mental aos mais vários níveis. Deste modo as atividades sedentárias vão-se multiplicando, justificando estudos mais apurados sobre o seu impacto sobre Ser Humano. Um desses impactes é ao nível da fadiga mental. Muitos autores apontam a eletroencefalografia (EEG) como uma abordagem adequada para a análise deste problema, nomeadamente através do estudo da amplitude das ondas *Alfa* e *Beta* que permitirão avaliar a atividade ou o nível de esforço desenvolvido. Dentro deste enquadramento, e pela universalidade do tema, foi definido como objetivo geral desta tese, avaliar a atividade cerebral a partir da amplitude do sinal EEG (ondas *Alfa* e *Beta*), relacionando-a com diferentes condições de temperatura e humidade em tarefas sedentárias.

Para o efeito, foi desenvolvida uma revisão bibliográfica em três direções principais: Ambiente Térmico, a Termorregulação Humana e sinal EEG e, suas eventuais inter-relações. Esta primeira abordagem permitiu desenhar a estrutura da tese e estabelecer um desenho experimental preliminar aprovado pela Comissão de Ética da Universidade do Porto (CEUP) que foi testado sistematicamente até ao estabelecimento de um desenho experimental para a realização dos ensaios finais. Esse desenho consistiu na realização de ensaios em ambiente controlado sob diferentes condições de temperatura e humidade (22°C-40% HR, 22°C-80% HR, 32°C-40% HR e 32°C-80% HR). Estes ensaios foram concluídos por 18 voluntários, tendo, após análise dos resultados, sido validados 15 voluntários.

Embora os ensaios finais tivessem sido realizados por voluntários não aclimatados, foi possível constatar que a aclimação tem um papel importante na estabilidade do sinal, não só do EEG, como da própria temperatura da pele. Quanto à temperatura da pele, esta aumentou não só com a temperatura ambiente mas também com o aumento da humidade. Por outro lado, foi verificado que a perceção da sensação térmica varia ao longo do tempo, mesmo que não variem as condições térmicas.

Os resultados deste estudo sugerem ainda que a temperatura e a humidade têm um papel fundamental na amplitude medida do sinal EEG, nomeadamente das ondas *Alfa* no hemisfério esquerdo. Verificou-se que as amplitudes mais elevadas encontram-se nas condições ambientais quentes, ou na condição onde a humidade é superior e que um aumento da amplitude das ondas *Alfa* vem acompanhado de uma diminuição da amplitude das ondas *Beta*, o que vai ao encontro de resultados obtidos por outros autores.

**Palavras-chave:** Ambiente Térmico, Desempenho Cognitivo, Ondas *Alfa*, Ondas *Beta*, EEG.





## ABSTRACT

In a society where most of the activities are held indoors, the importance of studying the thermal environment and the consequent physiological and psychophysiological response is of prime importance. In labour world, physical activity is, increasingly, replaced by mental effort to the most various levels. Thus sedentary activities are multiplying, justifying more accurate studies of its impact on Human Being. One of those impacts is the level of mental fatigue. Many authors point electroencephalography (EEG) as an appropriate approach to the analysis of this problem, in particular by studying the amplitude of *Alpha* and *Beta* waves that will evaluate the activity or level of effort. Within this framework and because the universality of the theme, was defined as a general objective of this thesis to evaluate the brain activity from the amplitude of the EEG signal (*Alpha* and *Beta* waves), relating it to different conditions of temperature and humidity in sedentary tasks.

To this end, a literature review in three main directions was developed: Thermal Environment, Human Thermoregulation and EEG signal and their possible interrelation. This first approach allowed to design the structure of the thesis and establish a preliminary experimental design approved by the Ethics Committee of the University of Porto (CEUP) that was systematically tested to the establishment of an experimental design to achieve the final tests. This design consisted of tests in controlled environment under different conditions of temperature and humidity (22°C-40% RH, 22°C-80% RH, 32°C-40% RH and 32°C-80% RH). These tests have been completed by 18 volunteers, and after analysing the results, 15 of those were validated.

While final testing had been performed by volunteers not acclimated, it was established that the acclimatization has an important role in signal stability not only of the EEG, as the very skin temperature. As to the skin's temperature, it increased not only at room temperature but with increasing moisture. Moreover, the perception of the thermal sensation varies, even if the thermal conditions do not vary.

Study's results also suggest that temperature and humidity have a fundamental role in the measured amplitude of the EEG signal, including the alpha waves in the left hemisphere. It was found that the highest amplitudes are found in hot environmental conditions or the condition where the humidity is higher, and that an increase in the amplitude of *Alpha* waves is accompanied by a decrease in the amplitude *Beta* waves, which meets results obtained by other authors.

**Keywords:** Thermal Environment, Cognitive Performance, *Alpha* Waves, *Beta* Waves, EEG.



## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| PARTE I Introdução.....   | 1  |
| 1 APRESENTAÇÃO GERAL DO PROBLEMA .....                                  | 3  |
| 1.1 A influência do ambiente térmico na atividade humana.....           | 3  |
| 1.2 O ambiente térmico como variável ocupacional.....                   | 5  |
| 1.3 O ambiente térmico a resposta cognitiva.....                        | 6  |
| 1.4 A resposta cognitiva e o sinal EEG.....                             | 7  |
| 1.5 Estrutura da tese.....  | 8  |
| 2 A IMPORTÂNCIA DO AMBIENTE TÉRMICO NAS CONDIÇÕES DE TRABALHO .....     | 11 |
| 2.1 Introdução ao ambiente térmico .....                                | 11 |
| 2.2 Metodologia.....  | 12 |
| 2.3 Caracterização dos diferentes ambientes térmicos .....              | 13 |
| 2.3.1 Ambiente térmico quente.....                                      | 13 |
| 2.3.2 Ambiente térmico neutro .....                                     | 14 |
| 2.3.3 Ambiente térmico frio .....                                       | 15 |
| 2.4 O ambiente térmico e a saúde ocupacional.....                       | 16 |
| 2.5 Observações fisiológicas no ser humano .....                        | 17 |
| 2.5.1 Temperatura da pele o ambiente térmico e o desempenho mental..... | 19 |
| 2.5.2 Temperatura interna do corpo.....                                 | 22 |
| 2.5.3 Efeitos da desidratação .....                                     | 23 |
| 2.5.4 Processo de aclimação .....                                       | 25 |
| 2.5.4.1 O Impacto da aclimação .....                                    | 26 |
| 2.5.4.2 Aclimação ao calor.....   | 26 |
| 2.5.4.3 Estimativa de dias de aclimação.....                            | 27 |
| 2.6 O impacto do ambiente térmico quente na produtividade .....         | 28 |
| 2.6.1 Ambiente térmico e produtividade .....                            | 28 |
| 2.6.2 Ondas de calor e alterações climáticas .....                      | 29 |
| 2.6.3 Índices associados ao stresse por calor.....                      | 32 |
| 2.6.4 Temperaturas elevadas e aspetos cognitivos / produtividade.....   | 33 |
| 2.7 Alterações no desempenho cognitivo .....                            | 33 |
| 2.7.1 Tipo de tarefas .....   | 33 |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 2.7.2   | Resposta cognitiva em atividades sedentárias.....                       | 35 |
| 2.8   | A ciência cognitiva e o EEG.....  | 37 |
| 2.8.1   | O cérebro e os seus hemisférios .....                                   | 37 |
| 2.8.2   | As respostas do cérebro.....  | 39 |
| 2.9   | Controlo de parâmetros na avaliação do desempenho cognitivo .....       | 41 |
| 2.9.1   | A importância do EEG .....  | 44 |
| 2.9.2   | Eléktrodos.....   | 44 |
| 2.9.3   | Bandas de frequências do sinal EEG.....                                 | 45 |
| 2.9.4   | Índices de fadiga.....  | 47 |
| 2.9.5   | Comportamento das ondas <i>Alfa</i> .....                               | 48 |
| 2.9.6   | Experiências com EEG desde Hans Berger. ....                            | 49 |
| 2.9.7   | O Ambiente Térmico, o EEG, as ondas <i>Alfa</i> e a fadiga mental ..... | 50 |
| 2.10  | Alterações do EEG em diferentes ambientes térmicos.....                 | 51 |
| PARTE II Objetivos, Materiais E Métodos ..... |   | 59 |
| 3   | OBJETIVOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....                           | 61 |
| 3.1   | Objetivos.....  | 61 |
| 3.1.1   | Objetivo geral .....  | 62 |
| 3.1.2   | Objetivos específicos.....  | 62 |
| 3.2   | Materiais e equipamentos .....  | 62 |
| 3.2.1   | Câmara climática.....   | 63 |
| 3.2.2   | Medição da temperatura da pele.....                                     | 65 |
| 3.2.3   | Medição da temperatura interna.....                                     | 67 |
| 3.2.4   | EEG - Eletroencefalograma .....   | 70 |
| 3.2.5   | Baterias de Testes.....   | 71 |
| 3.2.6   | Outros equipamentos e instrumentos de medição .....                     | 72 |
| 3.2.6.1                                       | Balança.....  | 72 |
| 3.2.6.2                                       | Questionários .....   | 72 |
| 3.3   | Métodos de utilização do equipamento .....                              | 73 |
| 3.3.1   | Teste da câmara climática .....   | 73 |
| 3.3.2   | Teste dos sensores de temperatura da pele.....                          | 74 |

|  |  |     |
|--|--|-----|
| 3.3.3  | Teste aos sensores de temperatura ingeríveis (TIS) .....             | 75  |
| 3.3.4  | Teste e registo do sinal EEG.....                                    | 77  |
| 3.3.4.1  | Exemplo da recolha e processamento do sinal.....                     | 77  |
| 3.3.4.2  | Exemplo do procedimento de tratamento dos dados.....                 | 79  |
| 3.4  | Metodologia .....  | 81  |
| 3.4.1  | Apresentação global .....  | 82  |
| 3.4.2  | Recrutamento e seleção inicial de voluntários .....                  | 84  |
| 3.4.3  | Baterias de testes cognitivos.....                                   | 85  |
| 3.5  | Aferição do protocolo de ensaio (teste-piloto).....                  | 86  |
| 3.5.1  | Repetibilidade e reprodutibilidade.....                              | 87  |
| 3.5.1.1  | Considerações iniciais .....   | 87  |
| 3.5.1.2  | Condições ambientais exteriores.....                                 | 87  |
| 3.5.1.3  | Avaliação antropométrica .....                                       | 89  |
| 3.5.1.4  | Resultados da temperatura da pele a 20°C-30%HR .....                 | 90  |
| 3.5.1.5  | Resultados do tratamento EEG .....                                   | 99  |
| 3.5.1.6  | Discussão do teste piloto - repetibilidade e reprodutibilidade ..... | 104 |
| 3.5.2  | Testes de aclimação .....  | 105 |
| 3.5.2.1  | Considerações iniciais .....   | 105 |
| 3.5.2.2  | Condições ambientais exteriores.....                                 | 106 |
| 3.5.2.3  | Avaliação antropométrica .....                                       | 107 |
| 3.5.2.4  | Resultados da temperatura da pele, 20°C - 60% HR e 32°C - 60% HR     | 107 |
| 3.5.2.5  | Resultados do tratamento EEG .....                                   | 116 |
| 3.5.2.6  | Discusão do teste piloto - aclimação .....                           | 125 |
| 3.6  | Apresentação do protocolo dos ensaios finais .....                   | 128 |
| PARTE III Dados, Resultados, Discussão, Conclusões e Perspetivas Futuras ..... |  | 131 |
| 4  | DADOS E RESULTADOS DOS ENSAIOS FINAIS .....                          | 133 |
| 4.1  | Condições ambientais exteriores .....                                | 133 |
| 4.2  | Avaliação antropométrica .....                                       | 134 |
| 4.3  | Temperatura da pele.....   | 135 |
| 4.4  | Desidratação.....  | 137 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.5   | Avaliação da sensação térmica .....                                   | 138 |
| 4.6   | Amplitude das ondas <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> no sinal EEG .....      | 147 |
| 4.6.1 | Variação da amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> .....                  | 147 |
| 4.6.2 | Variação da amplitude das ondas <i>Alfa O2</i> .....                  | 148 |
| 4.6.3 | Variação da amplitude das ondas <i>Beta O1</i> .....                  | 149 |
| 4.6.4 | Variação da amplitude das ondas <i>Beta O2</i> .....                  | 150 |
| 4.6.5 | Variação da amplitude do rácio das ondas <i>Alfa O1/Beta O1</i> ..... | 151 |
| 4.6.6 | Variação da amplitude do rácio das ondas <i>Alfa O2/Beta O2</i> ..... | 152 |
| 5     | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS ENSAIOS FINAIS .....                          | 155 |
| 5.1   | Condições experimentais .....   | 155 |
| 5.2   | Temperatura da pele .....   | 156 |
| 5.3   | Desidratação .....  | 157 |
| 5.4   | Sensação térmica .....  | 157 |
| 5.5   | Comportamento das ondas <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> .....               | 159 |
| 5.5.1 | Ondas <i>Alfa O1</i> .....  | 161 |
| 5.5.2 | Ondas <i>Alfa O2</i> .....  | 162 |
| 5.5.3 | Ondas <i>Beta O1</i> .....  | 163 |
| 5.5.4 | Ondas <i>Beta O2</i> .....  | 164 |
| 5.5.5 | Rácio <i>Alfa O1 /Beta O1</i> .....                                   | 165 |
| 5.5.6 | Rácio <i>Alfa O2/Beta O2</i> .....                                    | 166 |
| 6     | CONCLUSÕES .....  | 169 |
| 7     | PERSPETIVAS FUTURAS .....   | 173 |
| 8     | BIBLIOGRAFIA .....  | 175 |
| 8.1   | Literatura científica .....   | 175 |
| 8.2   | Normas .....  | 192 |
|       | Anexos .....  | 1   |
|       | ANEXO 1 - Apresentação do projeto à comissão de ética .....           | 1   |
|       | ANEXO 2 - Consentimento informado .....                               | 1   |
|       | ANEXO 3 - Informação do projeto de investigação .....                 | 1   |
|       | ANEXO 4 - Guia de receção de voluntários .....                        | 1   |

|  |          |
|--|----------|
| <i>ANEXO 5 - Protocolo para o recrutamento de voluntários .....</i>                    | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 6 - Protocolo do ensaio piloto - Ingestão de cápsulas .....</i>               | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 7- Protocolo de ensaio piloto – Sensores temPLUX .....</i>                    | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 8 - Protocolo de ensaio piloto – EEG.....</i>                                 | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 9 - Ficha de ensaio .....</i>   | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 10 - Questionário de sensação térmica .....</i>                               | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 11 - Protocolo geral do teste piloto .....</i>                                | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 12 - Protocolo geral do ensaio final.....</i>                                 | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 13 - Exemplos de saída de dados equivital.....</i>                            | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 14 - Protocolo para conversão da temperatura da pele.....</i>                 | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 15 - Protocolo para tratamento de sinal - Código EEG .....</i>                | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 16 - Características e especificações dos sensores TempPlux.....</i>          | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 17 – Características e especificações do sensor termoingerível (TIS).....</i> | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 18 – Características e especificações do emotiv SDK .....</i>                 | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 19 – Detalhes de utilização do emotiv SDK .....</i>                           | <i>1</i> |
| <i>ANEXO 20 - Análise da temperatura da pele - Testes de reprodutibilidade .....</i>   | <i>5</i> |
| <i>ANEXO 21 - Condições ambientais exteriores .....</i>                                | <i>1</i> |





## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Temas abordados nesta pesquisa .....   | 12 |
| Figura 2 - Palavras-chave utilizadas.....   | 13 |
| Figura 3 - Localização dos lobos cerebrais .....  | 38 |
| Figura 4 - Colocação dos elétrodos segundo o sistema internacional 10-20.....             | 44 |
| Figura 5 - Ritmos característicos do EEG. ....  | 47 |
| Figura 6 - Câmara Climática .....   | 64 |
| Figura 7 - Explicação detalhada do monitor bioPLUX .....                                  | 65 |
| Figura 8 - Esquema e imagem do modelo do sensor de temperature da pele.....               | 65 |
| Figura 9 - Cápsula ingerível Jonah da VitalSense.....                                     | 67 |
| Figura 10 - a) Trajeto geral, b) Posição da cápsula após 0,7horas, c) Após 6,7 horas..... | 68 |
| Figura 11 - Ativador de cápsula Hidalgo, Equivital (Fonte: TDS Equivital).....            | 68 |
| Figura 12 - Ativação da cápsula Hidalgo, Equivital.....                                   | 68 |
| Figura 13 - EQO2 Life Monitor, Equivital (Fonte TDS Equivital).....                       | 69 |
| Figura 14 - Colete para medir temperatura interna.....                                    | 69 |
| Figura 15 - Colocação do monitor EQO2 no colete .....                                     | 69 |
| Figura 16 - Colete colocado no manequim.....  | 69 |
| Figura 17 - Equipamento geral que faz parte do kit <i>EPOC Head set</i> .....             | 71 |
| Figura 18 - Simple Response Time .....  | 71 |
| Figura 19 - Digit Span .....  | 71 |
| Figura 20 - Situation Awareness Test.....   | 71 |
| Figura 21 - Go-No-Go Task .....   | 71 |
| Figura 22 - Balança 039-SA700.102.1998 .....  | 72 |
| Figura 23 - Evolução da temperatura interna e temperatura da pele a 32°C-30% HR .....     | 76 |
| Figura 24 - Evolução da temperatura interna e da temperatura da pele a 40°C-30% HR ...    | 76 |
| Figura 25 - Metodologia de tratamento do sinal EEG.....                                   | 78 |
| Figura 26 - Mapa dos componentes do escalpe em 2D, antes da rejeição dos artefactos. ..   | 79 |
| Figura 27 - Mapa dos componentes do escalpe em 2D, após rejeição dos artefactos. ....     | 79 |
| Figura 28 - Onda <i>Alfa OI</i> (com outliers) a 35°C-80% HR.....                         | 80 |
| Figura 29 - Onda <i>Alfa OI</i> (sem outliers) a 35°C-80% HR .....                        | 81 |
| Figura 30 - Ajuste curvas com e sem correção dos picos a 35°C-80% HR.....                 | 81 |
| Figura 31- Metodologia Global da Abordagem .....  | 83 |
| Figura 32 - Aspeto geral da estação metereológica.....                                    | 88 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 33 - Descrição da estação metereológica.....   | 88  |
| Figura 34 - Temperatura média de cada local da pele a 20°C-30%HR no 1º dia.....               | 91  |
| Figura 35 - Temperatura média de cada local da pele a 20°C-30%HR no 3º dia.....               | 91  |
| Figura 36 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (1º dia - GA1) .....          | 93  |
| Figura 37 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (3º dia - GA7) .....          | 94  |
| Figura 38 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (1º dia - PC2) .....          | 94  |
| Figura 39 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (3º dia - PC8) .....          | 95  |
| Figura 40 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (1º dia - RS3) .....          | 95  |
| Figura 41 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (3º dia - RS9) .....          | 96  |
| Figura 42 - Temperatura média, testa e pescoço durante 3 dias para cada voluntário.....       | 97  |
| Figura 43 - Sensação térmica à entrada da câmara (PC às 14H00).....                           | 98  |
| Figura 44 - Sensação térmica à saída da câmara (PC às 14H00) .....                            | 99  |
| Figura 45 - Sensação térmica à saída da câmara (RS às 16H00) .....                            | 99  |
| Figura 46 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> (GA1 - 1º dia) a 20°C-30% HR .....             | 100 |
| Figura 47 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> (GA7 - 3º dia) a 20°C-30% HR .....             | 100 |
| Figura 48 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> (PC2 - 1º dia) a 20°C-30% HR .....             | 101 |
| Figura 49 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> (PC8 - 3º dia) a 20°C-30% HR .....             | 101 |
| Figura 50 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> (RS3 - 1º dia) a 20°C-30% HR .....             | 102 |
| Figura 51 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> (RS9 - 3º dia) a 20°C-30% HR .....             | 102 |
| Figura 52 - Curvas de ajuste das ondas <i>Alfa O1</i> (GA - 1º e 3º dia) a 20°C-30% HR.....   | 103 |
| Figura 53 - Curvas de ajuste das ondas <i>Alfa O1</i> (PC - 1º e o 3º dia) a 20°C-30% HR..... | 103 |
| Figura 54 - Curvas de ajuste das ondas <i>Alfa O1</i> (RS - 1º e 3º dia) a 20°C-30% HR.....   | 103 |
| Figura 55 - Temperatura média local da pele a 20°C-60% HR (1º e 8º dia).....                  | 108 |
| Figura 56 - Temperatura média local da pele a 32°C-60% HR (1º e 8º dia) .....                 | 108 |
| Figura 57 - Variação da ( $t_{skm}$ ) entre o 1º e 8º dia a 32°C-60% HR.....                  | 110 |
| Figura 58 - Variação da ( $t_{skm}$ ) entre o 1º e 8º dia a 20°C-60% HR.....                  | 110 |
| Figura 59 - Temperatura da pele local a 20°C-60% HR (1º dia).....                             | 112 |
| Figura 60 - Temperatura da pele local a 20°C-60% HR (8º dia).....                             | 112 |
| Figura 61 - Temperatura da pele local a 32°C-60% HR (1º dia).....                             | 113 |
| Figura 62 - Temperatura da pele local a 32°C-60% HR (8º dia).....                             | 113 |
| Figura 63 - Temperatura média da testa aclimação 20°C-60% HR e 32°C-60% HR.....               | 114 |
| Figura 64 - Temperatura média do pescoço aclimação 20°C-60% HR e 32°C-60% HR                  | 115 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 65 - Temperatura da testa e pescoço (1º e o 8º dia) a 32°C-60% HR .....                | 115 |
| Figura 66 - Temperatura da testa e pescoço (1º e o 8º dia) a 20°C-60% HR. ....                | 115 |
| Figura 67 - Amplitude a 20°C-60% HR (1º dia de aclimação).....                                | 117 |
| Figura 68 - Amplitude ao longo do tempo a 20°C-60% HR (8º dia de aclimação).....              | 118 |
| Figura 69 - Curvas de ajuste do 1º e do 8º dia de aclimação a 20°C-60% HR .....               | 118 |
| Figura 70 - Amplitude ao longo do tempo a 32°C-60% HR (1º dia de aclimação).....              | 119 |
| Figura 71 - Amplitude ao longo do tempo a 32°C-60% HR (8º dia de aclimação).....              | 119 |
| Figura 72 - Curvas de ajuste do 1º e do 8º dia de aclimação a 32°C-60% HR .....               | 119 |
| Figura 73 - Amplitude a 20°C-60% HR (1º dia de aclimação).....                                | 120 |
| Figura 74 - Amplitude a 20°C-60% HR (8º dia de aclimação).....                                | 120 |
| Figura 75 - Curvas de ajuste entre o 1º e o 8º dia de aclimação a 20°C-60% HR .....           | 121 |
| Figura 76 - Amplitude a 32°C-60% HR (1º dia de aclimação).....                                | 121 |
| Figura 77 - Amplitude a 32°C-60% HR (8º dia de aclimação).....                                | 122 |
| Figura 78 - Curvas de ajuste entre o 1º e o 8º dia de aclimação a 32°C-60% HR .....           | 122 |
| Figura 79 - Evolução do rácio <i>Alfa O1/Beta O1</i> a 20°C-60% HR (1º dia).....              | 123 |
| Figura 80 - Evolução do rácio <i>Alfa O1/Beta O1</i> a 20°C-60% HR (8º dia) .....             | 123 |
| Figura 81- Curvas de ajuste do rácio <i>Alfa O1/Beta O1</i> (1º e 8º dia) a 20°C-60% HR ..... | 123 |
| Figura 82- Evolução do rácio <i>Alfa O1/Beta O1</i> a 32°C-60% HR (1º dia).....               | 124 |
| Figura 83 - Evolução do rácio <i>Alfa O1/Beta O1</i> a 32°C-60% HR (8º dia).....              | 124 |
| Figura 84 - Curvas de ajuste do rácio <i>Alfa O1/Beta O1</i> (1º e 8º dia) a 32°C-60% HR .... | 124 |
| Figura 85 - Temperatura média da testa em diferentes condições climáticas. ....               | 136 |
| Figura 86 - Temperatura do pescoço em diferentes condições climáticas .....                   | 136 |
| Figura 87 - Estilo de vida dos voluntários nas 12 horas antes de realizar o ensaio.....       | 139 |
| Figura 88 - Sensação térmica no início e no final de cada ensaio a 22°C-40% HR .....          | 140 |
| Figura 89 - Sensação térmica no início e no final de cada ensaio a 22°C-80% HR .....          | 140 |
| Figura 90 - Sensação térmica no início e no final de cada ensaio a 32°C-40% HR .....          | 141 |
| Figura 91 - Sensação térmica no início e no final de cada ensaio a 32°C-80% HR .....          | 141 |
| Figura 92 - Avaliação da preferência térmica a 22°C-40% HR.....                               | 142 |
| Figura 93 - Avaliação da preferência térmica a 22°C-80% HR.....                               | 142 |
| Figura 94 - Avaliação da preferência térmica a 32°C-40% HR.....                               | 143 |
| Figura 95 - Avaliação da preferência térmica a 32°C-80% HR.....                               | 143 |
| Figura 96 - Sintomas apresentados no início e final dos ensaios a 22°C-40% HR .....           | 144 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 97 - Sintomas apresentados no início e final dos ensaios a 22°C-80% HR .....            | 145 |
| Figura 98 - Sintomas apresentados no início e final dos ensaios a 32°C-40% HR .....            | 146 |
| Figura 99 - Sintomas apresentados no início e final dos ensaios a 32°C-80% HR .....            | 147 |
| Figura 100 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> a 22°C-40% HR .....                            | 148 |
| Figura 101 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> a 22°C-80% HR .....                            | 148 |
| Figura 102 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> a 32°C-40% HR .....                            | 148 |
| Figura 103 - Amplitude das ondas <i>Alfa O1</i> a 32°C-80% HR .....                            | 148 |
| Figura 104 - Amplitude das ondas <i>Alfa O2</i> a 22°C-40% HR .....                            | 149 |
| Figura 105 - Amplitudedas ondas <i>Alfa O2</i> a 22°C-80% HR .....                             | 149 |
| Figura 106 - Amplitude das ondas <i>Alfa O2</i> a 32°C-40% HR .....                            | 149 |
| Figura 107 - Amplitude das ondas <i>Alfa O2</i> a 32°C-80% HR .....                            | 149 |
| Figura 108 - Amplitude das ondas <i>Beta O1</i> a 22°C-40%HR .....                             | 150 |
| Figura 109 -Amplitude das ondas <i>Beta O1</i> a 22°C-80%HR .....                              | 150 |
| Figura 110 - Amplitude das ondas <i>Beta O1</i> a 32°C-40%HR .....                             | 150 |
| Figura 111 - Amplitude das ondas <i>Beta O1</i> a 32°C-80%HR .....                             | 150 |
| Figura 112 - Amplitude das ondas <i>Beta O2</i> a 22°C-40%HR .....                             | 151 |
| Figura 113 - Amplitude das ondas <i>Beta O2</i> a 22°C-80%HR .....                             | 151 |
| Figura 114 - Amplitude das ondas <i>Beta O2</i> a 32°C-40%HR .....                             | 151 |
| Figura 115 - Amplitude das ondas <i>Beta O2</i> a 32°C-80%HR .....                             | 151 |
| Figura 116 - Amplitude do rácio das ondas <i>AlfaO1/BetaO1</i> 22°C-40% HR .....               | 152 |
| Figura 117 - Amplitude do rácio das ondas <i>AlfaO1/BetaO1</i> 22°C-80% HR .....               | 152 |
| Figura 118 - Amplitude do rácio das ondas <i>AlfaO1/BetaO1</i> 32°C-40% HR .....               | 152 |
| Figura 119 - Amplitude do rácio das ondas <i>AlfaO1/BetaO1</i> 32°C-80% HR .....               | 152 |
| Figura 120 - Amplitude do rácio das ondas <i>AlfaO2/BetaO2</i> 22°C-40%HR .....                | 153 |
| Figura 121 - Amplitude do rácio das ondas <i>AlfaO2/BetaO2</i> 22°C-80%HR .....                | 153 |
| Figura 122 - Amplitude do rácio das ondas <i>AlfaO2/BetaO2</i> 32°C-40%HR .....                | 153 |
| Figura 123 - Amplitude do rácio das ondas <i>AlfaO2/BetaO2</i> 32°C-80%HR .....                | 153 |
| Figura 124 - Curvas de ajuste das equações polinomiais de 3º grau das ondas <i>Alfa O1</i> . . | 161 |
| Figura 125 - Curvas de ajuste das equações polinomiais de 3º grau das ondas <i>Alfa O2</i> . . | 162 |
| Figura 126 - Amplitude média das ondas <i>Alfa</i> nas condições estudadas .....               | 163 |
| Figura 127 - Curvas de ajuste das equações polinomiais de 3º grau das ondas <i>Beta O1</i> ..  | 163 |
| Figura 128 - Curvas de ajuste das equações polinomiais de 3º grau das ondas <i>Beta O2</i> ..  | 164 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 129 - Amplitude média das ondas <i>Beta</i> nas condições estudadas.....       | 165 |
| Figura 130 - Curvas de ajuste para o rácio <i>AlfaO1/BetaO1</i> .....                 | 165 |
| Figura 131 - Curvas de ajuste para o rácio <i>AlfaO2/BetaO2</i> .....                 | 166 |
| Figura 132 - Rácio <i>Alfa/Beta</i> em função da amplitude e condição ambiental ..... | 166 |



## ÍNDICE DE TABELAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 1- Equação de balanço térmico.....  | 11  |
| Tabela 2 - Requisitos de conforto de inverno numa atividade sedentária.....              | 14  |
| Tabela 3 - Requisitos de conforto de verão numa atividade sedentária. ....               | 15  |
| Tabela 4 - Condições de conforto térmico em atividades sedentárias.....                  | 15  |
| Tabela 5 - Estudos que contemplam diferentes tipos de Temperatura Interna.....           | 23  |
| Tabela 6 - Número de dias até à adaptação num processo de aclimação .....                | 27  |
| Tabela 7 - Relação entre a produtividade e o ambiente térmico quente.....                | 29  |
| Tabela 8 - Exemplo de artigos agrupados por categoria de tema.....                       | 31  |
| Tabela 9 - Índices relacionados com o esforço fisiológico e a sensação térmica.....      | 32  |
| Tabela 10 - Resumo de estudos que permitiram delinear os ensaios .....                   | 42  |
| Tabela 11 - Artigos de revisão e meta análise .....                                      | 43  |
| Tabela 12 - Faixas de frequência ( Hz) de um EEG e sua distribuição por bandas .....     | 45  |
| Tabela 13 - Amplitude de sinal, frequência e lobos cerebrais.....                        | 46  |
| Tabela 14 - Resumo de alguns índices encontrados na pesquisa .....                       | 48  |
| Tabela 15 - Alterações no EEG de um estado alerta para um estado cansado .....           | 54  |
| Tabela 16 - Ponto de vista de alguns autores sobre EEG e ambiente térmico .....          | 57  |
| Tabela 17 - Equipamento utilizado.....   | 63  |
| Tabela 18 - Instrumentos de Recolha de Dados .....                                       | 63  |
| Tabela 19 - Dimensões da Câmara climática .....  | 64  |
| Tabela 20 - Características Técnicas .....   | 64  |
| Tabela 21 - Parâmetros para a equação Steinhart-Hart .....                               | 66  |
| Tabela 22 - Ensaio realizado a 35°C-80% HR .....   | 75  |
| Tabela 23 - Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste. ....                | 80  |
| Tabela 24 - Valores médios das condições ambientais exteriores (22 de janeiro 2013)..... | 88  |
| Tabela 25 - Valores médios das condições ambientais exteriores (23 de janeiro 2013)..... | 89  |
| Tabela 26 - Valores médios das condições ambientais exteriores (24 de janeiro 2013)..... | 89  |
| Tabela 27 - Variáveis ambientais e antropométricas.....                                  | 89  |
| Tabela 28 - Temperatura média do corpo e temperaturas máximas e mínimas .....            | 92  |
| Tabela 29 - Resultado da sensação à entrada da câmara .....                              | 98  |
| Tabela 30 - Resultado da sensação à saída da câmara.....                                 | 99  |
| Tabela 31 - Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste .....                | 102 |
| Tabela 32 - Valor médio das amplitudes das ondas Alfa O1 entre o 1º e 3º dia .....       | 103 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 33 - Condições ambientais exteriores dos ensaios a 20°C-60% HR .....                               | 106 |
| Tabela 34 - Condições ambientais exteriores dos ensaios a 32°C-60% HR .....                               | 107 |
| Tabela 35 - Variáveis ambientais e, antropométricas .....   | 107 |
| Tabela 36 - $T_{skm}$ , temperatura máxima e mínima a 20°C-60% HR.....                                    | 110 |
| Tabela 37 - $T_{skm}$ , temperatura máxima e mínima a 32°C-60% HR.....                                    | 111 |
| Tabela 38 - Sensação térmica à entrada da câmara a 20°C 60%HR .....                                       | 116 |
| Tabela 39 - Sensação térmica à saída da câmara a 20°C 60%HR.....  | 116 |
| Tabela 40 - Sensação térmica à entrada da câmara a 32°C 60%HR .....                                       | 116 |
| Tabela 41 - Sensação térmica à saída da câmara a 32°C 60%HR.....  | 116 |
| Tabela 42 - Equações polinomiais de 3º grau a 20°C-60% HR .....   | 118 |
| Tabela 43 - Equações polinomiais de 3º grau a 32°C-60% HR .....   | 119 |
| Tabela 44 - Equações polinomiais de 3º grau a 20°C-60% HR .....   | 120 |
| Tabela 45 - Equações polinomiais de 3º grau a 32°C-60%HR .....  | 122 |
| Tabela 46 - Equações polinomiais de 3º grau a 20°C-60%HR .....  | 122 |
| Tabela 47 - Equações polinomiais de 3º grau a 32°C-60%HR .....  | 124 |
| Tabela 48 - Valor médio das amplitudes das ondas <i>Alfa O1</i> , <i>Beta O1</i> e <i>Alfa O1/Beta O1</i> | 125 |
| Tabela 49 - Valores médios das condições ambientais a 22°C-40% HR .....                                   | 133 |
| Tabela 50 - Parâmetros estatístico das condições ambientais .....   | 134 |
| Tabela 51 - Valor do IMC dos 18 voluntários que participaram nos ensaios sistemáticos                     | 134 |
| Tabela 52 - Parâmetros estatísticos básicos para o IMC dos 18 voluntários .....                           | 135 |
| Tabela 53 - Parâmetros estatísticos para cada variável avaliada para os 18 voluntários ..                 | 135 |
| Tabela 54 - Parâmetros estatísticos para a temperatura da testa. ....                                     | 136 |
| Tabela 55 - Parâmetros estatísticos para a temperatura do pescoço .....                                   | 137 |
| Tabela 56 - Valores referentes à perda de peso para em cada ensaio realizado.....                         | 137 |
| Tabela 57 - Medidas de tendência central e variabilidade .....  | 138 |
| Tabela 58 - Equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste (ondas <i>Alfa O1</i> )...            | 148 |
| Tabela 59 - Equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste (ondas <i>Alfa O2</i> )...            | 149 |
| Tabela 60 - Equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste (ondas <i>Beta O1</i> )..             | 150 |
| Tabela 61 - Equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste (ondas <i>Beta O2</i> )..             | 151 |
| Tabela 62 - Equações polinomiais de 3º grau (ondas <i>Alfa O1/Beta O1</i> ) .....                         | 152 |
| Tabela 63 - Equações polinomiais de 3º grau (ondas <i>Alfa O2/Beta O2</i> ) .....                         | 153 |
| Tabela 64 - Temperatura média da testa e pescoço em diferentes condições ambientais.                      | 157 |



Tabela 65 - Valores das amplitudes médias das diferentes ondas ao longo do tempo ..... 167



## GLOSSÁRIO

**Aclimação a quente** – Condição na qual o ser humano é sistematicamente exposto a ambiente quentes, ao longo de vários dias e cujas respostas fisiológicas mudam. Em particular suam mais e mais cedo em resposta ao estímulo térmico dado (Parsons, 2003, p. 225).

**Aclimação a frio** – Condição na qual o ser humano é sistematicamente exposto a ambientes frios, ao longo de vários dias e cujas respostas fisiológicas mudam. Nestas condições, o corpo humano responde com vasoconstrição para reduzir a temperatura interna e da pele, de modo a reduzir a perda de calor a partir do núcleo para a periferia, por convecção, e a perda de calor da periferia para o ambiente por radiação e convecção (Yu, J., Cao. G., Cui. W., Ouyang, Q., & Zhu, Y. 2013).

**Ambiente Térmico** – O ambiente térmico é o conjunto das variáveis térmicas que influenciam as trocas de calor entre o meio ambiente e o organismo humano, intervindo de forma direta ou indireta na saúde, bem estar e na realização de tarefas<sup>1</sup>.

**Atividade** – Uma possível definição para atividade, segundo Parsons, “é o que as pessoas fazem”. Pode envolver fatores psicológicos ou fisiológicos e se esses fatores são efetuados com êxito, significa que a atividade é realizada, no entanto o termo “atividade” não está dependente de alcançar um objetivo (Parsons, 2003, p.327).

**Atividade Sedentária** – Neste trabalho considera-se a definição de atividade sedentária como a definida da norma ISO8996:2004, ou seja, aquela atividade que é correspondente a uma taxa metabólica de 70 W.m<sup>2</sup> dando como alguns exemplos atividade em escritórios, escolas, habitação, laboratório.

**Clo** – Valor de isolamento térmico (Fanger, 1986)

**Condução** - Transmissão de calor devido ao contacto entre os corpos (sólidos ou fluidos em repouso)(Nunes, 2010, p. 252).

**Conforto Térmico** – É definido, segundo a norma ASHRAE Standard 55 (Norma 55 da Sociedade Americana dos Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) como uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico envolvente, sendo subjetiva a avaliação deste estado.

**Convecção** – Calor trocado para o ambiente devido à diferença de temperatura entre a pele/ roupa e o ar ambiente (Sá, R., 1999).

---

<sup>1</sup> Adaptado de <http://www.ehsportugal.com>

**Desempenho** – “Performance” significa em que medida as atividades foram realizadas para atingir o objetivo. O termo “desempenho/ performance”, quando usado de forma isolada, não tem sentido. Deve ser sempre associado a uma tarefa e relacionado com um objetivo (Parsons, 2003, p.327).

**Desidratação** – Perda dinâmica de água corporal conduzindo a uma transição de uma fase de teor de água normal no corpo, para um déficit de água (Parsons, 2003, p.71 ).

**Doenças provocadas pelo calor** – Segundo (Carter R., S. Cheuvront, & M. N. Sawka, 2007), as doenças provocadas pelo calor podem definir-se por leves e graves, e a sua intensidade varia de leves (síncope, câibras) às graves (exaustão, lesões, choque térmico ou insolação).

**Evaporação** – Troca de calor entre a pele e o ar circundante mediante sudação (Freitas, 2011).

**Eletrooculograma (EOG)** – Método para medição dos olhos e dos movimentos oculares (Ryu & Myung, 2005).

**Eletroencefalograma (EEG)** – É um método para a aquisição de sinais neurais de um modo não-invasivo. O eletroencefalograma (EEG) tem a possibilidade de investigar processos oscilatórios no cérebro do ser humano (Paul Sauseng & Wolfgang Klimesch, 2008).

**Fadiga Mental** – A Fadiga mental (FM) - segundo a norma internacional ISO 10075-1 (1991) “*Ergonomics Principles Related To Mental Workload Part 1; General Terms and Definitions*”, entende-se como aquele estado transitório de redução de eficácia funcional, tanto física como mental, que é determinada pela duração e tempo de tensão mental e intensidade que a precedeu.

**Função Cognitiva** – Entende-se por função cognitiva ou sistema funcional cognitivo, as fases de processo de informação como, percepção, aprendizagem, memória, atenção, vigilância, raciocínio e solução de problemas (Antunes et al., 2006)

**Heat Strain**<sup>2</sup> (Tensão por calor) - Resposta fisiológica geral do corpo ao stresse por calor.

**Hipertermia** – Elevação da temperatura corporal devida à falha de termoregulação. Ocorre quando o corpo produz ou absorve mais calor do que aquele que pode dissipar. Adaptado de (Magalhães, Albuquerque, Pinto, & Moreira, 2002)

---

<sup>2</sup> <http://www.oshasafetyconference.org/Events/ugm/Osha2012/presentations/Lamson,%20Glenn%20-%20Heat%20Stress.pdf> consultado a 30 -08-2014

**Hipotermia** - Diminuição da temperatura corporal para valores inferiores a 35°C (95°F); classificada em acidental (primária) ou secundária, consoante a ausência ou presença de disfunção do centro termoregulador hipotalâmico, respetivamente (Magalhães et al., 2002).

**Hipotálamo** - Pequena região perto da base do cérebro que controla o sistema nervoso simpático que, por sua vez, regula as funções autónomas do corpo incluindo o bater do coração, respiração e o controle de temperatura corporal (Nishida, 2007). O hipotálamo segundo o dicionário médico é “ Conjunto de formações cinzentas do cérebro situadas em volta do terceiro ventrículo, à frente e por dentro da região sub-talâmica. Representa o centro principal da vida vegetativa. O hipotálamo está ligado à hipófise pela haste pituitária (Fonseca F., Falcato J.A., Andersen F., Almeida J.N. & Tojinha M. 2012, p.402).

**Homeotermia** – É a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de um certo intervalo pré-determinado, apesar das variações térmicas do meio ambiente (homeostasia térmica). Temperatura de equilíbrio: 37°C (98.6°F) [Limites normais: 36.1° - 37.2°C (97° - 99°F)] (Magalhães et al., 2002).

**Homeostase (ou Homeostasia)** – É a tendência do organismo para manter constantes as condições fisiológicas (Fonseca et al., 2012, p.406).

**Humidade relativa** – É a relação da quantidade de vapor de água existente numa determinada porção de atmosfera (pressão parcial de vapor), com a quantidade máxima de vapor de água que a atmosfera pode suportar a uma determinada temperatura (pressão de vapor) (adaptado de Parsons, 2003, p.14).

**Índice de Massa Muscular (IMC)** - Trata-se de um índice criado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), é uma ferramenta de medida que compara a altura com o peso de um determinado indivíduo, cujo resultado indica se o indivíduo em causa está acima ou abaixo do peso ou se está no valor adequado, de acordo com tabelas que determinam o grau de obesidade. Pode ser calculado por diversas razões, por exemplo no caso de profissionais de saúde, tem como objetivo principal prevenir o risco de desenvolver patologias, relacionadas com o grau de obesidade que cada indivíduo apresenta.

**Índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)** – É um dos índices empíricos que representa o stresse térmico ao qual um indivíduo está exposto. Este índice é fácil de determinar em ambiente industrial. O índice WBGT combina a medida de dois parâmetros, temperatura natural do bolbo húmido ( $t_{nw}$ ) e a temperatura de globo ( $t_g$ ) e em algumas situações (no exterior e com carga solar) a temperatura do ar ( $t_a$ ). Este índice aplica-se para avaliar a proporção por uma hora de trabalho em que um trabalhador pode aguentar a tarefa e a proporção de descanso nessa mesma hora, que o trabalhador necessita para arrefecer o corpo e manter a temperatura central corporal abaixo dos 38°C Adaptado de ISO7243 (1989).

**Metabolismo** – Quantidade de energia produzida pelo corpo; depende da atividade desenvolvida e exprime-se em met. 1 met é igual a 58,2W.m<sup>-2</sup>, ou seja, a energia produzida por unidade de superfície do corpo de uma pessoa sentada em repouso (Freitas, 2011, p. 580).

**Poder Alfa** – A atividade elétrica do cérebro é definida em termos de faixas de frequência delta, teta, alfa e beta. As faixas de frequência podem ser medidas em amplitude (poder) em microvolts (Jap et al., 2009) e frequência (ciclos por segundo) (Barwick, Arnett, & Slobounov, 2012)

**Produtividade** – Está geralmente associada aos objetivos de uma organização. Traduz-se num valor que corresponde em que medida as atividades têm proporcionado desempenho em termos de objetivos do sistema. A título de exemplo, a produtividade de uma indústria, pode ser medida em termos de quanto produto é produzido, mas também poder ser referido em relação à qualidade (Parsons, 2003, p.327).

**Radiação** – É a transmissão de calor através do meio ambiente por ondas electromagnéticas sobretudo na zona do infravermelho (Miguel, 2010, p. 340).

**Stresse** – É uma decorrência da interacção entre o indivíduo e o ambiente, uma resposta adaptativa mediada pelas diferenças individuais e/ou processos psicológicos e que é consequência de alguma acção externa (ambiente) ou evento que provoca excessivas exigências psicológicas ou físicas sobre uma pessoa (Chiavenato, 2004).

**Taxa de metabolismo (M)** - Define-se como a conversão de energia química em energia térmica e mecânica, que mede a energia da carga muscular e dá um índice numérico de actividade. A taxa de metabolismo é um fator determinante do conforto ou da tensão resultante da exposição ao ambiente térmico (ISO8996, 2004).

**Temperatura do ar** - Temperatura do ar ( $T_{ar}$ ), Temperatura seca, é um fator determinante nas trocas de calor entre o organismo e o meio ambiente devido ao efeito da convecção. Exprime-se em graus Celsius (°C) ou Fahrenheit (°F) (Miguel, 2010, p. 343).

**Termogénese** – A termogénese corresponde à energia na forma de calor gerada ao nível dos tecidos vivos. A quantidade de calor produzida é diretamente proporcional à taxa de metabolismo corporal (Magalhães et al., 2002).

**Termómetro de Globo** – Instrumento usado para determinar a temperatura média radiante. Consiste numa esfera preta oca no centro, com o diâmetro de 15,2 ou 9 cm, onde é colocado um sensor (termómetro de mercúrio) que irá assumir a temperatura de globo. A calcular a temperatura média radiante.

**Temperatura de globo ( $t_g$ )** – Temperatura de um termómetro de Globo Negro com 15 cm de diâmetro (Parsons, 2003).

**Temperatura natural do bolbo húmido, ou temperatura húmida natural ( $t_{nw}$ )** – É a temperatura dada por um termómetro recoberto por uma mecha humedecida, exposta aos

movimentos naturais do ar e que não está protegida contra a radiação (Miguel, 2010, p. 350).

**Temperatura nuclear ou temperatura interna do corpo<sup>3</sup> ( $t_{\text{core}} = t_c$ )** – “Temperatura de todos os tecidos localizados a uma profundidade suficientemente afastada da superfície exterior do corpo, para não serem afetados pelos gradientes de temperatura que se verificam nas camadas superficiais” (ISO 9886, 1992).

**Temperatura da pele** – Trata-se de uma grandeza que depende das trocas térmicas por condução, convecção, radiação e evaporação na sua superfície, da variação do fluxo sanguíneo e temperatura do sangue arterial que chega a uma zona particular do corpo (ISO 9886, 1992).

**Temperatura radiante média** – A temperatura radiante média é função da temperatura de globo, da temperatura ambiente e da velocidade do ar (Miguel, 2010, p. 340).

**Termorregulação** – Conjunto de mecanismos que procuram manter constante a temperatura corporal. Os seres humanos são animais homeotérmicos e necessitam regular a temperatura corporal em torno de 37°C que é a ideal para estabilizar a configuração das proteínas e suas actividades. Essa temperatura ideal é o ponto de ajuste que é determinado pelo hipotálamo (Nishida, 2007).

**Vasoconstrição** – Refere-se a alterações no diâmetro dos vasos sanguíneos que influenciam a temperatura da pele, alterando o intercâmbio da taxa sanguínea com o interior. Segundo o Dicionário Médico, trata-se da diminuição do calibre de um vaso por contracção das suas fibras musculares. De modo geral, a vasoconstrição encontra-se na dependência do sistema simpático (Fonseca et al., 2012, p. 819).

**Vasodilatação** - Refere-se a alterações no diâmetro dos vasos sanguíneos, que influenciam a temperatura da pele, trata-se da dilatação de um vaso principalmente de uma artéria (Fonseca et al., 2012, p. 819).

**Velocidade do ar ( $v_a$ )** – É uma grandeza física que intervém na determinação das trocas de calor por convecção e evaporação ao nível do Homem (Miguel, 2010, p. 345).

---

<sup>3</sup> As denominações mais comuns para este parâmetro são: temperatura nuclear, temperatura central, temperatura interna e temperatura profunda do corpo.





## SIGLAS/ABREVIATURAS

ACGIH – *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*

ASHARE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers*

CDC - *Centers for Disease Control and Prevention*

EEG - Eletroencefalograma

IMC – Índice de Massa Corporal

Icl – Isolamento do vestuário

ISO – *International Organization for Standardization*

MC - Massa Corporal

NIOSH – *National Institute for Occupational Safety and Health*

OIT - *Organização Internacional do Trabalho*

OMS – *Organização Mundial da Saúde( World Health Organisation)*

OSHA – *Occupational Safety and Health Administration*

WBGT – Wet Bulb Globe Temperature

NIRS - *Near Infrared Spectrometer*

M – Metabolismo

$\alpha$  – Alfa

$\beta$  – Beta

$\delta$  – Delta

$\theta$  – Teta

$\gamma$  – Gama

$T_c$  - Temperatura interna do corpo

$t_{sk}$  – Temperaturation da pele

$t_{skm}$  – Temperatura média da pele

UTCI – Índice Climático Térmico Universal

PET – Temperatura Equivalente Fisiológica



## UNIDADES

| Símbolo           | Significado   | Unidade              |
|-------------------|---|----------------------|
| C                 | <i>Troca de calor por convecção</i>   | [W.m <sup>-2</sup> ] |
| E                 | <i>Troca de calor por evaporação</i>  | [W.m <sup>-2</sup> ] |
| HR                | <i>Humidade relativa</i>  | [%]                  |
| K                 | <i>Troca de calor por condução</i>  | [W.m <sup>-2</sup> ] |
| M                 | <i>Metabolismo energético, taxa metabólica</i>  | [W.m <sup>-2</sup> ] |
| PMV               | <i>Predicted Mean Vote - (Voto Médio Estimado)</i>  | ----                 |
| PPD               | <i>Predicted Percentage of Dissatisfied – (Percentagem prevista de pessoas insatisfeitas).</i>                            | ----                 |
| R                 | <i>Troca de calor por radiação</i>  | [W.m <sup>-2</sup> ] |
| t <sub>a</sub>    | <i>Temperatura de ar ambiente, temperatura de bolbo seco</i>  | [°C]                 |
| t <sub>g</sub>    | <i>Temperatura do globo negro</i>   | [°C]                 |
| t <sub>r</sub>    | <i>Temperatura média radiante</i>   | [°C]                 |
| t <sub>nw</sub>   | <i>Temperatura húmida natural</i>   | [°C]                 |
| t <sub>core</sub> | <i>Temperatura nuclear do corpo</i>   | [°C]                 |
| v <sub>a</sub>    | <i>Velocidade do ar</i>   | [m.s <sup>-1</sup> ] |
| WBGT              | <i>Wet Bulb Globe Temperature – (Índice de Bolbo húmido e temperatura de globo).</i>                                      | [°C]                 |
| W                 | <i>Energia mecânica efetiva (na maior parte dos casos industriais este valor é pequeno pelo que pode ser desprezado).</i> | [W.m <sup>-2</sup> ] |
| C <sub>res</sub>  | <i>Troca de calor por respiração (sensível) por convecção</i>   | [W.m <sup>-2</sup> ] |
| E <sub>res</sub>  | <i>Troca de calor por respiração (latente) por evaporação</i>   | [W.m <sup>-2</sup> ] |



# PARTE I

## INTRODUÇÃO



# 1 APRESENTAÇÃO GERAL DO PROBLEMA

## 1.1 A influência do ambiente térmico na atividade humana

Toda a atividade humana é influenciada pelo ambiente onde é realizada, seja num contexto económico, garantindo a produtividade; num contexto sócio cultural refletindo os costumes e tradições da sociedade; num contexto político legal, ou num contexto tecnológico, traduzindo o progresso técnico e a evolução da sociedade.

O mundo do trabalho está a sofrer grandes transformações. O século XIX e os primeiros anos do século XX foram batizados como a era industrial, ao passo que o final do século XX e o início do século XXI, são descritos como a era da informação.

Devido às transformações no mundo do trabalho, a atividade física está a ser substituída em muitas organizações pelo esforço intelectual. Os ativos de conhecimento de uma empresa possuem mais valor que os ativos físicos, pois o conhecimento é gerado por profissionais que utilizam as suas competências individuais para desenvolver estratégias, sistemas de gestão, tecnologias e outros recursos de natureza produtiva. Do ponto de vista de mudanças a nível do trabalho, o trabalho intelectual toma o lugar do trabalho físico em algumas atividades realizadas pelo homem (Boff, L. H., & Abel, M., 2005).

Estas transformações fazem com que o ser humano esteja a maior parte do seu tempo, a executar atividades sedentárias, sujeito a condições específicas de ambiente térmico. Fanger (1970) chega mesmo a referir que as pessoas passam cerca de 95% do tempo das suas vidas em ambientes térmicos artificiais.

Define-se *Ambiente Térmico* pelo conjunto de variáveis que influenciam as trocas de calor entre o meio ambiente e o organismo humano e que intervêm, de forma direta ou indireta na saúde, no bem-estar e na realização de tarefas<sup>4</sup>. Segundo Parsons (2003), a temperatura do ar, a temperatura radiante, a velocidade do ar e a humidade relativa são as quatro variáveis básicas que afetam a resposta humana, aliadas ao calor metabólico gerado pela atividade humana e ao vestuário usado pelas pessoas (Parsons, 2003, p.1). Habitualmente, são definidas três condições de Ambiente Térmico: Quente, Neutro e Frio, sem que esteja definida concretamente uma fronteira que as separe. Essas fronteiras e essas condições prendem-se com as características particulares e distintas da resposta fisiológica de cada ser humano a cada uma das condições ambientais.

A aposta indispensável na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, em particular dos trabalhadores, assim como a melhoria do seu bem-estar, implica uma maior atenção e exigência no que concerne a ambientes de trabalho, principalmente a nível da temperatura, humidade e stresse térmico, nomeadamente, em situações que, associadas a cargas de

---

<sup>4</sup> <http://www.ehsportugal.com>, consultado em 2010.04.12

trabalho elevadas, podem levar a problemas decorrentes da fadiga mental. Convém referir que segundo a norma ISO 10075-1 (1991) “*Ergonomics Principles Related To Mental Workload Part 1; General Terms and Definitions*”, entende-se fadiga mental, como aquele estado transitório de redução de eficácia funcional, tanto física como mental, que é determinada pela duração e tempo e intensidade de tensão mental que a antecedeu. Assim a fadiga mental é um estado permanente em muitas atividades, que, por sua vez, pode provocar problemas, nomeadamente: insatisfação laboral; baixa produtividade; diminuição do desempenho e do comportamento de segurança dos trabalhadores.

Shahrak ,S., & Bakar N. B. A. (2011) referem que a fadiga do trabalhador pode ter origem em duas vertentes: física ou mental. Esta constatação é apropriada para que os gestores das empresas possam prevenir os perigos emergentes da fadiga no ambiente de trabalho. Assim, aumentar o conhecimento sobre as variáveis que afetam o sistema nervoso central, permite aos gestores poderem tomar as medidas necessárias para controlar e reduzir os perigos resultantes da fadiga mental no trabalho. A revisão de Shahrak, S., & Bakar N. B. A. (2011) estabelece também que há uma relação entre a sonolência e o esquecimento na realização tarefas. Segundo os mesmos autores, as altas temperaturas e a humidade são dois dos fatores mais importantes no ambiente de trabalho, pois contribuem para o aumento do stress e da fadiga mental, sendo que esta afirmação também se aplica aos ambientes de trabalho que têm temperaturas baixas.

A exposição combinada a temperatura e humidade extremas, associadas a diferentes cargas de trabalho cognitivo podem ter impacto direto nos trabalhadores, constituindo um risco grave para a saúde destes, tanto em locais de trabalho em espaços abertos, como em espaços fechados. Este facto tem incentivado a comunidade científica a produzir investigação e mais conhecimento sobre estas realidades.

Nesta perspetiva, estudos sobre o *Ambiente Térmico* e a sua relação com a fadiga mental são fundamentais para compreender alguns aspetos do comportamento humano e para um melhor entendimento dos fatores integrativos entre as variáveis que compõem o ambiente térmico e o desempenho cognitivo.

De acordo com a pesquisa efetuada, há mais de seis décadas que os investigadores reportam resultados contraditórios relativamente ao desempenho em ambientes com temperaturas elevadas. Alguns autores como Pepler, R. & Warner, R (1968) e Sundstrom (1987) postulam que o desempenho mental geralmente não é afetado pelo calor, enquanto que outros autores como Wyon, D. P., Andersen I. & Lundqvist, G. R (1979), Parsons (2003, p.326) e Seppänen, O., & Fisk, J.W. (2003) referem que o desempenho cognitivo diminui com o calor. Esta contradição entre resultados de pesquisas efetuadas sobre produtividade/desempenho ocorre pela interferência de fatores confundidores como, por exemplo, o tipo de tarefa, as características do trabalhador, o nível de motivação, fatores psicológicos, características dos edifícios, entre muitos outros, nem sempre controlados da



melhor forma no decorrer dos trabalhos desenvolvidos (Gaoua, 2010; Hancock, 1982; Hancock, 1986).

Neste trabalho estudam-se, em laboratório, diferentes situações que podem, posteriormente, ser aplicadas em contexto laboral e que traduzam situações extremas, ou seja, os efeitos do calor sobre o desempenho cognitivo e a fadiga mental.

## **1.2 O ambiente térmico como variável ocupacional**

As diferenças de temperatura e humidade relativa no ambiente ocupacional, são um fator comum, quer sejam provenientes da localização geográfica, de alterações climáticas, das características do local de trabalho onde a atividade é desenvolvida, ou processos industriais, como por exemplo, tinturaria e lavandaria têxteis (Talaia & Rodrigues 2004), na construção civil (Katayama, L. T. & Labaki, L. C, 2002) ou no setor de restauração (Harutama, et al., 2009). Nas cozinhas a confeção de alimentos torna o ambiente quente e húmido, podendo a situação agravar-se muito no verão. Outros exemplos de trabalho em ambientes térmicos quentes a nível industrial, são o trabalho em fundições, cerâmicas, padarias, indústria vidreira e estufas agrícolas, assim como a generalidade dos trabalhos ao ar livre executados durante os períodos mais quentes do ano e do próprio dia.

O ambiente térmico, quer seja quente, neutro ou frio, pode interferir com a atividade humana e causar desconforto. Nesse caso, pode afetar o desempenho do trabalhador, e influenciar a produtividade (Parsons, 2003, p.326). Existe assim uma relação entre a saúde humana, desempenho, bem-estar e ambiente térmico. No caso do calor, os seus efeitos podem causar alguns transtornos quando associados ao estado de atenção e vigília, situação que acontece em diferentes tarefas, como em controladores aéreos, agentes militares ou motoristas.

Segundo Parsons (2003), com o stresse por calor a temperatura do corpo pode subir e alterar a temperatura da pele, dos músculos e do estômago e algumas áreas do sistema nervoso central. A resposta fisiológica para um armazenamento contínuo de calor é a vasodilatação que permite aumentar a temperatura da pele e de seguida suar. Pela mesma razão, num ambiente frio, ocorre uma diminuição da temperatura do corpo e para equilibrar essa variação de temperatura surge a vasoconstrição e a consequente diminuição de perda de calor para o exterior. Quanto à resposta psicológica ao frio, está pode incluir uma reação comportamental devido ao aumento do desconforto e um efeito direto no desempenho em termos alerta, capacidade de memória, perceção, etc. O mesmo pode acontecer num ambiente quente, onde podem ocorrer episódios de distração e mudanças de comportamento, por exemplo, maior excitação (Parsons 2003, p.297).

De acordo com Matthews et al. (2000, p.197) os efeitos do calor, produzem um forte impacto em tarefas mais complexas e que necessitem de maior atenção. No entanto, o estudo da relação entre o ambiente térmico e o desempenho é complexo, pois depende de

múltiplos fatores, uns individuais, como por exemplo: idade, peso, sexo e outros de natureza fisiológica, como por exemplo: a temperatura local e média da pele, a temperatura interna do corpo, a frequência cardíaca e a taxa de sudção, entre outros. No entanto, esses fatores, não têm o mesmo efeito em todas as pessoas. É neste sentido que a comunidade científica tem dedicado uma maior atenção a analisar as influências do ambiente térmico no desempenho ocupacional. Uma parte da investigação tem sido vocacionada para o exercício físico, mas as atividades sedentárias tem igualmente justificado a realização de muitos estudos.

Ainda segundo Shahrak, S., & Bakar, N. B. A. (2011), os gestores de empresas e organizações deverão tomar providências para ajustar a relação temperatura e humidade para o nível que os trabalhadores podem suportar. A temperatura e a humidade não deve ser tão alta que estes não possam executar o seu trabalho convenientemente e deve ser levado em consideração que a temperatura e humidade no ambiente de trabalho deve estar de acordo com o número de pessoal e o número de máquinas instaladas.

### **1.3 O ambiente térmico a resposta cognitiva**

Sabe-se que as alterações de temperatura e humidade, e um excessivo tempo de exposição em condições adversas, podem provocar alterações no desempenho dos trabalhadores a vários níveis, nomeadamente, no foro fisiológico e cognitivo, podendo, simultaneamente, aumentar a taxa de acidentes e originar doenças.

As doenças provocadas por temperaturas extremas segundo Carter et al. (2007) incluem: esgotamento (que se caracteriza pela incapacidade de manter o débito cardíaco e a presença de temperatura interna do corpo moderada); lesões (que se caracteriza pela lesão de um órgão, por exemplo o fígado) e choque térmico (caracterizado pela disfunção do sistema nervoso central, por exemplo confusão e desorientação), sendo que o choque térmico, é responsável por alterações cognitivas. De acordo com James L. Glazer (2005) o choque térmico traduz-se por uma mudança rápida da temperatura do corpo, acompanhada de sintomas físicos e alterações no funcionamento do sistema nervoso central e divide-se em dois tipos: clássico e esforço induzido. O choque térmico “clássico” é causado por exposição ambiental e resulta em hipertermia quando a temperatura central do corpo atinge valores acima de 40°C e é observado principalmente em idosos ou grupos populacionais comprometidos ou doentes. Pode desenvolver-se lentamente ao longo de vários dias e está associado à disfunção do sistema nervoso central. O choque térmico por “esforço induzido” é uma condição que afeta essencialmente os mais jovens e pessoas ativas, e é caracterizado por um desenvolvimento rápido, em horas, e frequentemente é associado a uma elevada temperatura central provocada pela atividade física (James L. Glazer, 2005).

O risco das doenças provocadas pelo calor aumenta, quando a temperatura interna do corpo ( $T_c$ ) também aumenta. A Organização Mundial de Saúde (*World Health Organisation*) recomendou um limite não superior a 38°C para temperatura central do corpo ( $T_c$ ) em trabalhadores. Esta situação implica um limite para o calor metabólico produzido de 325 watts ou menos (Taylor, 2004).

Os acidentes, podem ser provocados por falta de atenção, sonolência, por dificuldades cognitivas e fadiga mental, sendo esta reconhecida como uma das principais causas de erros humanos. Por conseguinte, o estudo da fadiga mental em qualquer uma das atividades já mencionadas, tem ganho grande relevância nos últimos anos. Também, Shahrak, S., & Bakar N. B. A. (2011) salientam que os fatores importantes relacionados com a produtividade são a fadiga, o ritmo, o volume de trabalho e a sonolência. O conhecimento suficiente das características destas variáveis tem uma importância que não pode ser negada. Tanto os gestores como as equipas de trabalho, devem ter informação necessária e suficiente a esse respeito.

Perante os estudos citados surgiu neste trabalho um interesse crescente em saber como monitorizar e avaliar a fadiga mental como seguidamente se vai expor.

## **1.4 A resposta cognitiva e o sinal EEG**

Vários estudos, nomeadamente, da autoria de Berka et al. (2007); Coso et al. (2011); Lan et al. (2010); Yao, Lian, Liu, & Shen. (2008b); Chen et al. (2013); Cheng et al. (2007) e Eoh et al. (2005), relacionaram carga de trabalho, atividade física, aspetos cognitivos, ambiente térmico, fadiga mental e estado de alerta mental, com a atividade cerebral.

Com efeito, na realização de uma tarefa, a atividade cerebral manifesta-se através de ondas cerebrais em diferentes faixas de frequência. Entre as ondas mais estudadas estão as *Alfa* ( $\alpha$ ), as *Beta* ( $\beta$ ), as *Teta* ( $\theta$ ) e as *Delta* ( $\delta$ ) (Andreassi, 2000). Lal, S. K. L., & Craig, A. (2001) referiram que apesar de uma variedade de sinais psicofisiológicos terem sido usados por diferentes autores para avaliar a fadiga, a eletroencefalografia (EEG) foi considerada a técnica mais fiável.

Assim, e na sequência da pesquisa efetuada no presente estudo, selecionou-se o EEG para realizar os ensaios e medir a amplitude do sinal, neste caso, limitado às ondas *Alfa* e *Beta*. O EEG consiste numa técnica que mede diretamente a atividade cerebral (Andreassi, 2000) e permite obter um sinal fisiológico com a precisão temporal necessária ao estudo da fadiga mental, transformando o sinal em bandas de diferentes frequências: Delta ( $\delta$ ), Teta ( $\theta$ ), *Alfa* ( $\alpha$ ), *Beta* ( $\beta$ ), e Gama ( $\gamma$ ), permitindo neste estudo analisar o “poder” *Alfa*” e “poder” *Beta*”, associados aos efeitos das alterações ambientais (Costa et al., 2014d).

Perante os resultados dos diversos autores referidos e analisados, constata-se um reconhecimento dos efeitos da fadiga mental sobre o desempenho dos trabalhadores a

diversos níveis, desde a capacidade de desempenho à sua própria segurança Jap, B. T., Lal, S., Fischer, P., & Bekiaris, E. (2009), Zhang, C. & Yu, X. (2010). Colocam-se então várias questões, nomeadamente sobre o modo como os diferentes parâmetros influenciam a fadiga ou o esforço mental que a provoca. Sabendo-se que um desses parâmetros é o ambiente térmico e que este é influenciado tanto pelas condições de trabalho como pelas alterações climáticas, isso significa que o estudo desta relação pode ter uma abrangência global e não circunscrita a meros casos pontuais. Neste contexto e com esta perspetiva, foi colocada a questão:

*“Em que medida e em que sentido o ambiente térmico influencia a amplitude do sinal EEG, nomeadamente das ondas Alfa e Beta”?*

Sabendo que essa amplitude é o resultado do esforço mental desenvolvido e potencialmente gerador de fadiga.

## 1.5 Estrutura da tese

A tese está dividida em três grandes partes. Cada uma destas Partes está, por sua vez, dividida em capítulos, cada um deles está apresentado um assunto específico.

---

|          |   |
|----------|---|
| Parte I  | Faz-se a apresentação geral do problema através de uma introdução ao tema e onde é levantada as questões da investigação. É apresentada a revisão bibliográfica efetuada, salientando a importância do ambiente térmico numa perspetiva holística e nas condições de trabalho. Caracterizam-se os diferentes ambientes térmicos. Destacam-se os fatores fisiológicos e em que medida a resposta fisiológica influencia a capacidade cognitiva. Faz-se a referência as alterações no desempenho cognitivo, à fadiga mental e aos parâmetros a controlar assim como o meio de avaliar a atividade cerebral focando o EEG (electroencefalografia) como a técnica mais adequada. Pesquisa esta que permitiu delinear o protocolo de investigação. |
| Parte II | Definem-se e descrevem-se os objetivos gerais e específicos, os materiais e equipamentos assim como os respetivos testes aos equipamentos. Apresenta-se a metodologia global de abordagem assim como a metodologia específica. Recrutamento e seleção de voluntários. Elaboração do teste piloto e eferição do protocolo geral para os ensaios finais. Apresenta-se o protocolo geral dos ensaios finais. Submete-se o projeto de investigação à CEUP (Comissão de Ética da Universidade do   |

---

---

Porto).

---

Parte III      Apresentam-se os resultados dos testes finais, faz-se a análise e discussão dos mesmos e por fim apresentam-se as conclusões. São ainda referidas algumas considerações sobre as limitações do trabalho, assim como, apresentam-se sugestões e linhas de orientação para investigações futuras.

---



## 2 A IMPORTÂNCIA DO AMBIENTE TÉRMICO NAS CONDIÇÕES DE TRABALHO

### 2.1 Introdução ao ambiente térmico

Macpherson, R. K. (1962), refere que a avaliação do ambiente térmico é uma das mais antigas efetuadas pelo homem. As medições de alguns parâmetros como: temperatura, velocidade do ar, temperatura radiante média e humidade relativa, são necessárias para a avaliação do ambiente térmico e a sua influência sobre o homem (Olesen B.W. & Madsen, T. L.1995).

Um dos desafios quotidianos para cada indivíduo é o de interagir com o ambiente térmico onde está inserido, seja ele no trabalho, em locais de reuniões social ou de lazer. É um problema de equilíbrio térmico, ou seja, de manutenção da temperatura interna do corpo, processo também chamado de homeotermia, o qual é assegurado através da manutenção do equilíbrio entre o fluxo de calor produzido pelo corpo e o fluxo de calor libertado.

O equilíbrio térmico é conseguido através do balanço entre a perda e a produção ou aquisição de calor, sendo que a quantidade de calor produzida é diretamente proporcional à taxa de metabolismo corporal (Parsons, 2003). Segundo a norma ISO 8996:2004, a taxa de metabolismo é um fator determinante do conforto ou da tensão resultante da exposição ao ambiente térmico.

A equação do balanço térmico, apresentada neste trabalho, é baseada na norma ISO7933:2004 e pode ser escrita como consta na Tabela 1.

Tabela 1- Equação de balanço térmico

$$M - W = C_{res} + E_{res} + K + C + R + E + S \quad (1)$$

M - Taxa metabólica ( $W.m^{-2}$ ) descrita na ISO 8996.

W - Energia mecânica efetiva (na maior parte dos casos industriais este valor é pequeno pelo que pode ser desprezado).

$C_{res}$  - Troca de calor por respiração (sensível) por convecção.

$E_{res}$  - Troca de calor por respiração (latente) por evaporação.

K - Perda de calor por condução - que será desprezado tendo em conta que a perda de calor por condução das superfícies do corpo em contacto com outros objectos sólidos pode ser quantitativamente assimilada por perdas de calor por convecção e radiação, assim o fluxo de calor por condução não é directamente considerado.

C - Troca de calor por convecção na superfície da pele em ( $W.m^{-2}$ ).

R - Calor trocado pelo ambiente, por radiação ( $W.m^{-2}$ ).

E - Calor trocado com o ambiente, por efeitos de evaporação (engloba as trocas de calor por evaporação do suor, da condensação do vapor de água e das trocas de calor sensível por efeito da respiração) ( $W.m^{-2}$ ).

S - Carga térmica do corpo - calor armazenado no organismo ( $W.m^{-2}$ ).

Adaptado da norma ISO7933:2004

Principalmente em ambientes quentes, a quantidade de calor produzido associado ao trabalho muscular agrava o stresse térmico, por isso, grandes quantidades de calor têm de ser dissipadas, principalmente por evaporação (transpiração). O objetivo deste *subcapítulo* é o de fazer uma introdução ao ambiente térmico, caracterizando os três tipos de ambiente

normalmente referenciados: quente, neutro e frio e, investigar os efeitos do ambiente térmico no indivíduo, nomeadamente aos níveis fisiológico e de atividade mental.

## 2.2 Metodologia

Para o efeito foi efetuada uma pesquisa bibliográfica temática transversal sobre o ambiente térmico incidindo na identificação de fatores que influenciam a sensação de conforto / desconforto e a caracterização dos diferentes ambientes de trabalho, abordando os pontos de acordo com o esquema da Figura 1.

Apesquisa foi efetuada em diferentes bases de dados: PubMed, Web Of Science, Livros e Revistas Científicas e as palavras chave utilizadas foram as que constam na Figura 2. O Ambiente Térmico foi a palavra comum sendo utilizadas duas palavras chave de cada vez.

De acordo com o método de pesquisa mencionado, cada tema deu origem a tópicos que, por sua vez, deram origem a outras pesquisas e a revisões sobre cada tema que foram publicadas ao longo deste trabalho de investigação e foram citadas nesta tese.

Durante a pesquisa, foram também utilizados alguns critérios de exclusão, como por exemplo: artigos duplicados; artigos em que o nome do autor, data e / ou título estavam ausentes; o título do artigo estava fora de alinhamento do objetivo da pesquisa e artigos em que os objetivos ou a metodologia não eram claros.

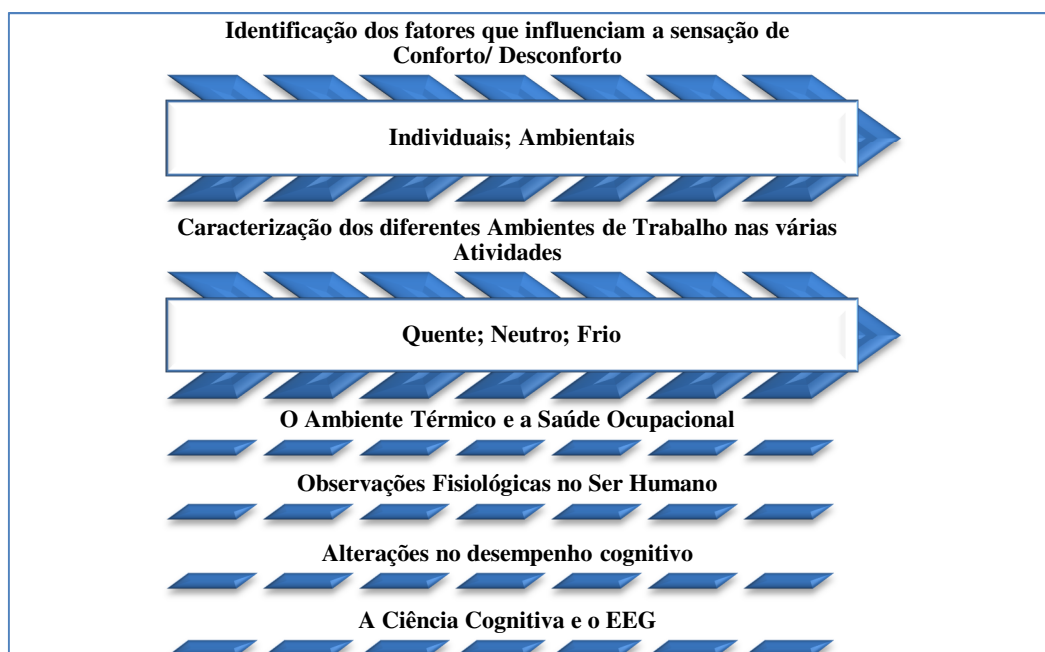


Figura 1 - Temas abordados nesta pesquisa



| Thermal Environment |                       |                |     |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----|
| Occupational Health | Cognitive Performance | Mental Fatigue | EEG |

Figura 2 - Palavras-chave utilizadas.

Esta pesquisa foi fundamental para a introdução ao tema e salientar os pontos principais a serem discutidos com detalhe nos capítulos seguintes. Mencionam-se neste capítulo apenas alguns autores relevantes que serão referenciados ao longo da tese e que forneceram pistas para pesquisar outros autores relacionados. Este ponto descreve também alguns dos métodos usados por diferentes autores em estudos similares.

## 2.3 Caracterização dos diferentes ambientes térmicos

Na caracterização do ambiente térmico duas situações devem ser consideradas: a sobrecarga ou stresse térmico (ambiente frio ou quente) e o conforto térmico (ambiente neutro/moderado). A primeira situação relaciona a exposição do corpo humano a ambientes com valores extremos de temperatura e humidade, provocando stresse. A segunda situação, relaciona as variáveis correspondentes à temperatura, humidade e velocidade do ar, cuja combinação pode provocar desconforto. O conforto térmico, gerido pelo sistema termorregulador, pode sofrer influências dos fatores atrás mencionados e, por sua vez, alterar o equilíbrio térmico do corpo humano, resultando igualmente em desconforto.

### 2.3.1 Ambiente térmico quente

São considerados Ambientes Quentes aqueles para os quais o balanço térmico, calculado na base de trocas de calor por *radiação e convecção*, é *positivo*. Ou seja, resulta num ganho de calor para o indivíduo, isto é, a temperatura do ar ambiente e a temperatura radiante média são superiores à temperatura média da pele. Podem ser ambientes muito agressivos termicamente podendo conduzir a situações de *Stresse Térmico* e originar danos irrecuperáveis na pessoa exposta (Costa et al., 2011a).

As condições de trabalho em ambientes quentes são consideradas como uma das principais causas de acidentes, doenças e outros problemas de saúde (Tanaka, 2006). No entanto, também em ocupações de lazer é possível estar exposto voluntariamente a ambientes quentes extremos, como por exemplo, nas idas à praia ou à sauna. Essa exposição pode, contudo, ser também involuntária quando, por exemplo, resulta da permanência em habitações ou outros locais não climatizados (Costa et al., 2011a).

De um modo geral, pode dizer-se que os ambientes quentes afetam o estado de alerta mental e o desempenho físico dos indivíduos e, nesta medida, tendem a propiciar a ocorrência de acidentes (Costa et al., 2012a).

### 2.3.2 Ambiente térmico neutro

O *Ambiente Neutro* ocorre quando a produção de calor metabólico é equilibrada pelas perdas de calor sensível por convecção (C), condução (K), radiação (R) e respiração, sem que o indivíduo tenha necessidade de lutar contra o calor ou o frio. Num ambiente neutro a homeotermia é assegurada de forma agradável e não prejudicial para o organismo. Este “topo” de ambiente é definido pela ASHRAE como “*a condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico*” (ASHRAE, 1996; ISO7730:2005).

Como exemplos de ambientes neutros/moderados pode ser indicada a generalidade do trabalho prestado em serviços, escolas e hospitais.

Contudo, a insatisfação térmica pode ser causada por um aquecimento ou arrefecimento indesejado de uma determinada parte do corpo (desconforto local) (Costa et al., 2012a).

Em 1986, Fanger apresentou o que considerava serem os limites de temperatura para uma atividade sedentária durante as condições de inverno e de verão (Tabelas 2 e 3). Se fossem cumpridos esses limites, esperar-se-ia que não mais do que 5% a 10% de ocupantes com desconforto (Fanger, 1986).

Tabela 2 - Requisitos de conforto de inverno numa atividade sedentária

| Situação   | Condição               |
|--|------------------------|
| Temperatura operativa ser entre:   | 20 e 24°C              |
| Diferença de temperatura vertical do ar entre 1,1 m e 0,1 m acima do chão (cabeça e nível do tornozelo) ser menor do que:  | 3°C                    |
| A temperatura da superfície do piso ser normalmente entre:   | 19 e 26°C              |
| Sistema de aquecimento de piso podem ser projetados para:  | 29°C                   |
| Velocidade média do ar ser inferior a:   | 0,15 m.s <sup>-1</sup> |
| Assimetria da temperatura radiante das janelas ou outra superfície vertical fria: assimétrica temperatura radiante (em relação a um plano vertical pequeno 0,6 m acima do pavimento) ser menor do que: | 10°C                   |
| Assimetria da temperatura radiante (aquecida) teto: assimetria da temperatura radiante (em relação a um pequeno plano horizontal 0,6 m acima do pavimento) ser menor do que:                           | 5°C                    |

Fanger 1986

Na Tabela 4, faz-se um resumo de outros estudos sobre conforto térmico em atividades sedentárias. Quando comparados com os valores apresentados por Fanger em relação ao conforto térmico em atividades sedentárias, verifica-se uma discrepância nas temperaturas, situando-se, em geral, no limite superior ou mesmo acima. As temperaturas médias anuais nas zonas dos países estudados são: Japão (temperatura máxima de 30°C; temperatura mínima de 1°C); Hong Kong (temperatura máxima de 34°C e mínima de 8°C); Tailândia; (temperatura máxima de 30°C e mínima 20°C) e em alguns estados do Brasil (temperatura máxima de 33°C

e mínima 20°C) (Costa et al., 2012a). A discrepância entre os valores apresentados faz crer que fatores como o clima sejam determinantes para a caracterização das condições de conforto. Cabe aqui realizar um importante estudo sobre aclimatização.

Tabela 3 - Requisitos de conforto de verão numa atividade sedentária.

| Situação  | Condição               |
|---|------------------------|
| Temperatura Operativa ser entre:  | 23 e 26°C              |
| Diferença de temperatura vertical do ar entre 1,1 m e 0,1 m acima do chão (cabeça e nível do tornozelo) ser menor do que: | 3°C                    |
| Velocidade média do ar ser menor que:   | 0,25 m.s <sup>-1</sup> |

Fanger 1986

Tabela 4 - Condições de conforto térmico em atividades sedentárias.

| Autores   | Condições de conforto térmico em atividades sedentárias  | País      |
|---|--|-----------|
| Tanabe, S., Kimura K, & Hara T., 1987           | 26,3 °C (0,6 clo)  | Japão     |
| Cândido et al., 2010                            | 26 °C (v <sub>ar</sub> 0,4 m.s <sup>-1</sup> )   | Brasil    |
| Cândido et al., 2010                            | 30 °C Temperatura operativa (v <sub>ar</sub> 0,9 m.s <sup>-1</sup> )                             | Brasil    |
| Yamtraipat N., Khedari J., & Hirunlabh J., 2005 | 26 °C (v <sub>ar</sub> 0,2 m.s <sup>-1</sup> ); 50 % - 60 %HR                                    | Tailândia |
| Yamtraipat N., et al., 2005                     | 25,4 °C (temperatura neutra com ar condicionado)   | Tailândia |
| Yamtraipat N., et al., 2005                     | 26,3 °C (temperatura neutra sem ar condicionado)   | Tailândia |
| Chung, 1990                                     | 24,9 °C (0,6 clo) Câmara Climática   | Hong Kong |
| Chow et al., 2010                               | 25,4 °C (v <sub>ar</sub> 0,1-0,2 m.s <sup>-1</sup> ) 0,55 clo taxa metabólica 1met (laboratório) | Hong Kong |

(Costa et al., 2012a)

Assim se conclui que os valores apresentados por Fanger, alguns dos quais consagrados em normas, sem deixarem de ser importantes, até pelo pioneirismo que contêm na análise do conforto térmico, são, contudo, de universalidade, aparentemente, limitada. Por este motivo se pode afirmar que mais estudos neste domínio são indispensáveis, nomeadamente nos países e regiões com temperaturas e/ou humidades mais elevadas do que os que proporcionaram os valores apresentados por Fanger.

### 2.3.3 Ambiente térmico frio

Do mesmo modo é considerado um ambiente térmico frio, como o ambiente para o qual o balanço térmico, calculado na base das trocas *convectivas e radiantes*, é *negativo* (Miguel, 2010, p. 374). Nestas condições o organismo aciona os diferentes meios de luta de que dispõe contra o frio aumentando a produção de calor através por exemplo da ação de “tremar”, Parsons (2003, p.295). A exposição ao frio pode estar relacionada com o surgimento de lesões graves, por isso, é importante estar atento às temperaturas baixas e saber como se proteger. A exposição ao frio pode ocorrer mesmo em tempo não considerado extremamente frio. O vento e a humidade podem levar à hipotermia. O frio afeta primeiro as extremidades do corpo mais

expostas e mais distantes do núcleo central (mãos, pés, nariz, orelhas). Os trabalhos em ambientes extremamente frios constituem um risco potencial para a saúde dos trabalhadores, podendo causar desconforto, doenças ocupacionais, acidentes e até mesmo a morte.

Muitas são as atividades que expõem os trabalhadores a ambientes frios, como por exemplo: atividades realizadas em câmaras frigoríficas, trabalhos de embalagem de carnes e demais alimentos, atividades piscatórias ou trabalho ao ar livre em períodos de inverno. São atividades que exigem muita atenção, já que, além de os trabalhadores estarem expostos a baixas temperaturas, podem também ter contacto com objetos frios.

## **2.4 O ambiente térmico e a saúde ocupacional**

Os ambientes de trabalho estão em constante mudança em virtude da influência de novas tecnologias. Estas novas situações de trabalho, trazem novos desafios. Os efeitos do Ambiente Térmico refletem-se num grande número de atividades o que implica uma perspectiva multidisciplinar da sua investigação. Áreas como a Engenharia, Medicina, Desporto, Arquitetura, Ergonomia, Climatologia e Fisiologia, são fundamentais para o estudo da resposta humana (comportamental e fisiológica) sob diferentes condições de exposição, exigindo investigação não só nos locais de trabalho mas também sob condições controladas.

Além do que foi referido, aliado às previsões das alterações climáticas, a resposta à exposição ao calor no local de trabalho tornou-se um desafio na segurança e saúde ocupacionais. Apesar do conhecimento já existente, a revisão bibliográfica realizada por Xiang, Bi, Pisaniello e Hansen (2014) sugere a necessidade de mais estudos para quantificar os riscos fisiológicos e psicológicos devido às alterações climáticas. A este propósito, um ano antes, Parsons (2013) considerava ser importante rever as exigências de normas ISO para prever as consequências globais das mudanças climáticas e antecipar potenciais impactos sobre a saúde ocupacional em todos os países e culturas. É importante, no futuro, a ligação entre os dados meteorológicos e as normas ISO.

De acordo com Givoni et al. (2006) o efeito fisiológico da humidade é bastante complexo. Já do ponto de vista da troca de calor entre o corpo e o meio ambiente, a humidade não desempenha qualquer papel relevante, exceto para condições extremas, ambientes muito secos ou muito húmidos. A capacidade que cada indivíduo tem para evaporar o suor num determinado ambiente é um fator determinante para o seu nível de risco de stresse e de doença com origem na exposição a temperaturas extremas. Além disso, baixa velocidade do ar ou vestuário de proteção inadequado também podem prejudicar a transpiração, restringindo assim a perda de calor por evaporação (Jay, O. & Kenny, G. P., 2010). Um dos efeitos importantes a controlar é a sudorese, já que pode causar desconforto ou levar a mudanças comportamentais, influenciando o desempenho dos profissionais durante tarefas cognitivas.

De uma maneira geral, as pessoas que trabalham em atividades com esforço físico mais acentuado, como por exemplo: em minas, na construção, no serviço militar ou como bombeiros, entre outros, estão frequentemente expostos ao stresse por calor que pode fazer baixar a sua produtividade ou colocar em causa a própria sobrevivência (Wang F, Gao C, Kuklane K, & Holmér I., 2013). No entanto, também os trabalhos em escritórios abrangem uma grande variedade de tarefas. As mais comuns são a leitura, a digitalização e cálculos diversos, contudo, para algumas dessas tarefas são também necessários pensamentos criativos. Há ainda que atender que tarefas diferentes requerem também níveis distintos de aptidão manual e intelectual (Witterseh, T., Wyon D.P., & Clausen, G., 2004).

Os limites de exposição ao calor são comumente conduzidos por parâmetros fisiológicos. Porém a incorporação de uma componente psicológica é um foco importante na saúde e segurança ocupacional (Costa et al., 2012b). Segundo Cheung (2007), a face e a cabeça são regiões de sensibilidade térmica, podendo, assim, servir como locais eficazes para reduzir a percepção e / ou tensão fisiológica provocada pelo calor através de melhorias na ventilação, no fluxo de ar, ou resfriamento ativo.

## **2.5 Observações fisiológicas no ser humano**

Embora os seres humanos possam tolerar uma grande variedade de condições ambientais, a função fisiológica ideal é dependente da manutenção da homeostase térmica. Tanto a produção de calor metabólico, como a capacidade térmica para suportar o resfriamento evaporativo ditam em que medida os seres humanos podem manter a homeostase (Taylor, 2004).

Para a perda de calor intervêm quatro processos físicos: a radiação, a condução, a convecção e a evaporação. Salienta-se que o corpo está constantemente à procura de valores homeostáticos, através de qualquer dos processos envolvidos, atrás referidos. No entanto, a evaporação proporciona a principal defesa do organismo contra o aquecimento excessivo nas altas temperaturas. McGeehin, M. A. M. & Mirabelli, M. (2001) referem que a resposta fisiológica inicial ao calor envolve a circulação de sangue, promovendo assim a perda de calor através de radiação, convecção e transpiração.

Por seu lado Jay, O. & Kenny, G. P. (2010) acrescentam que quando o corpo humano não consegue manter um equilíbrio entre a taxa de produção de calor gerada a partir de processos biológicos internos e a taxa de perda total de calor através da condução, evaporação/convecção e radiação, ocorre paralelamente uma mudança de quantidade de calor no corpo e na temperatura interna, aumentando esta última.

Para assegurar de forma continuada uma temperatura interna próxima de 37°C o organismo manifesta-se através de reações fisiológicas e alterações comportamentais. Como reações fisiológicas para melhorar a dissipação do calor, salientam-se a sudorese e a vasodilatação

cutânea. Contudo, em circunstâncias em que esses mecanismos não permitam a necessária perda de calor, a temperatura corporal aumenta continuamente, podendo levar ao risco de doença ou eventualmente ser fatal. As condições em que o aumento catastrófico da temperatura corporal pode ocorrer, são determinadas por uma complexa interação entre os parâmetros ambientais e os parâmetros individuais anteriormente referidos.

A temperatura interna do corpo tem a capacidade de se manter em equilíbrio, no entanto, desconhece-se o modo preciso como este equilíbrio é conseguido, existindo diferentes modelos que o tentam explicar. Um dos pontos de concordância relaciona-se com o centro de regulação térmica do corpo humano, localizado na base do cérebro, num órgão denominado hipotálamo (Parsons, 2003, p. 36).

O hipotálamo desempenha um papel primordial na manutenção do equilíbrio térmico, controla o sistema nervoso simpático, o qual por sua vez, regula as funções automáticas do corpo (por exemplo: temperatura corporal, apetite, balanço da água no corpo, o sono, o bater do coração, a respiração) sendo, por isso, um dos principais responsáveis pela homeostase. O hipotálamo compara a temperatura central com a periférica e determina se o organismo deve perder calor (hipotálamo anterior) ou produzir e conservar calor (hipotálamo posterior) (Nishida, 2007). O hipotálamo anterior atua numa situação de superaquecimento e é responsável pela ativação dos mecanismos de perda de calor, tais como sudorese e vasodilatação. O hipotálamo posterior age como um mecanismo de proteção contra o frio, desencadeando ações como a vasoconstrição para reduzir as perdas de calor para o meio ambiente, e provocando tremores para aumentar a produção de calor.

Para a manutenção de uma temperatura corporal estável, é essencial a integridade de todos os elementos envolvidos na sua regulação, nomeadamente os sensores térmicos (por exemplo o hipotálamo anterior), o centro integrador e de comando (hipotálamo) e os sistemas eferentes. Após a integração das diferentes informações aferentes e comparação das mesmas com o ponto de regulação térmica, são emitidas informações para diversos órgãos ou sistemas eferentes dependendo do tipo de resposta a estimular: ganho ou da perda de calor (Magalhães et al., 2002). As defesas eferentes podem ser divididas em: respostas comportamentais, relacionadas com o sistema nervoso central, neste caso a perceção de variações de temperatura leva a alterações comportamentais, como retirar ou colocar vestuário; respostas ao nível do sistema nervoso autónomo, sendo este responsável por vasodilatação ou vasoconstrição, sudorese, tremores, entre outros, e respostas ao nível do sistema nervoso somático, sendo que este, controla a contração muscular. As respostas autónomas são cerca de 80% dependentes da temperatura interna e em grande parte administradas pelo hipotálamo anterior. Por outro lado, as mudanças de comportamento são cerca de 50%, determinadas pela temperatura da pele e, em grande parte controladas pelo hipotálamo posterior (Insler, S. R., & Sessler, D. I., 2006).

Zhao, Jing, Zhu, Neng & Lu, Shilei (2009) defendem que o trabalho efetuado em ambientes quentes e húmidos, por períodos longos, não só pode causar danos à saúde humana, diminuir a produtividade, mas também provocar acidentes. Por essa razão, consideraram importante estudar alguns índices fisiológicos, tais como: temperatura corporal, pressão arterial e frequência cardíaca. Nesse sentido, desenvolveram um estudo baseado no tempo de tolerância ao calor em ambientes quentes e húmidos, em três condições de trabalho físico: baixo, médio e alto, com o objetivo de ajudar a determinar o tempo de trabalho seguro para trabalhadores em ambientes quentes e húmidos e prever também o desempenho da produtividade nessas condições. Nesse mesmo estudo, foram realizados ensaios em cinco condições de temperatura (30°, 32°, 34°, 36°, 38° e 40°C) e a humidade foi controlada em quatro condições (40%, 60%, 80% e 90% HR), tendo sido usado o índice WBGT (Zhao, et al., 2009).

Do mesmo modo, Dapi, Rocklov, Nguefack-Tsague, Tetanye, & Kjellstrom (2010) reiteram que o aumento da temperatura corporal (hipertermia) é o principal fator resultante da exposição ao calor que pode afetar a capacidade física e mental e levar à exaustão em casos extremos. Quando a temperatura interna corporal é superior a 39°C, pode ocorrer distúrbio térmico agudo e acima de 40,6°C, ocorre risco de vida. Segundo os mesmos autores, e na esteira de Parsons (2003), a performance do corpo humano realiza-se optimamente a uma temperatura interna corporal de cerca de 37°C. Para o corpo garantir esta temperatura e manter o equilíbrio térmico, utiliza sinais do sistema de termorregulação processados pelo hipotálamo e enviados através do sistema nervoso central. Contudo, a termorregulação é altamente afetada pelos fatores ambientais e individuais, sendo a sudção o mecanismo fisiológico regulador mais importante. No entanto, no caso de sudção massiva ocorre desidratação e consequentemente perda de fluidos e sais, circunstância que afeta o desempenho físico e mental. Nesse sentido, foi verificado em estudos realizados em câmara climática simulando o ambiente das salas de aulas, que a rapidez de leitura, elaboração de exercícios de compreensão e multiplicação, era menor para temperaturas do ar entre os 27°C e os 30°C, concluindo-se que o aumento de temperatura terá um efeito negativo no desempenho dos alunos (Dapi et al., 2010).

### **2.5.1 Temperatura da pele o ambiente térmico e o desempenho mental**

Quando a temperatura da pele excede a temperatura ambiente, o calor pode ser dissipado através de trocas térmicas por radiação, convecção, condução e evaporação, como já referido. Por outro lado, quando a temperatura ambiente é superior à temperatura da pele, a evaporação é o único mecanismo por meio do qual o corpo pode perder calor. A evaporação do suor vai depender do gradiente de pressão de vapor de água na superfície da pele que, por sua vez, depende da temperatura ambiente e da humidade relativa do ar (Maughan et al., 2007).

A temperatura corporal é um parâmetro fisiológico de grande importância, tanto em aplicações clínicas como de pesquisa. No entanto, este parâmetro muda dependendo da

localização do ponto de medição e da temperatura ambiente. A pele controla o calor e humidade através de uma série de ajustes metabólicos. O valor mais baixo corresponde a um metabolismo basal (uma pessoa sentada em repouso) que pode aumentar até um valor máximo (uma pessoa em esforço máximo). Se uma pessoa está numa sala quente e a temperatura da pele é menor que a temperatura do ar, a temperatura da pele aumenta, mas o oposto também é verdadeiro, isto é, num ambiente frio, a temperatura da pele irá diminuir. O vento e o sol afetam fortemente a perda ou o ganho de calor por convecção ou radiação, respetivamente. Esses processos agem de forma assimétrica e heterogénea sobre o corpo, afetando algumas partes mais do que outras. A temperatura da pele depende de trocas térmicas pelos meios já referidos, de alterações no fluxo sanguíneo arterial e da temperatura do sangue que chega a cada zona do corpo. Quando a temperatura do ar é próxima da temperatura da pele, em torno de 31°C-33°C as perdas de calor por convecção cessam e, nessas condições, o corpo torna-se quase totalmente dependente do resfriamento evaporativo para dissipação de calor (Barker, 1954). A pele contém numerosos recetores sensoriais que recebem informações do ambiente externo. Estes recetores, chamados também de termorreceptores, estão relacionados com, pelo menos, cinco sensações diferentes: dor, calor, frio, toque e pressão e além de participarem no controle de termorregulação, afetam a sensação térmica de uma pessoa e, consequentemente o seu conforto (Arens & Zhang, 2006).

Yao e os seus colaboradores (2008a), levaram a cabo um estudo cujo objetivo era o de investigar a influência do ambiente térmico na temperatura da pele e a sua relação com a sensação de conforto, desconforto térmico e desempenho numa perspetiva fisiológica. Para tal, foram utilizados termopares para medir a temperatura da pele, a eletroencefalografia para medir a atividade cerebral, além de outros equipamentos. Os resultados do estudo mostraram que a temperatura da pele (local e média) e a potência relativa global das diferentes bandas de frequência de EEG, são sensíveis à temperatura ambiente e às sensações térmicas dos voluntários. Para o estudo em causa foi efetuado ensaio numa câmara climática sujeito a quatro temperaturas diferentes, 21°C, 24°C, 26°C e 29°C, velocidade do ar cerca de 0,05-0,01ms<sup>-1</sup> e humidade relativa do ar cerca de 60 ±5%. O mesmo estudo refere a existência de diversos métodos de cálculo para a medição da temperatura da pele. Esses métodos são classificados em dois tipos:

- métodos ponderados, ou seja, fatores de ponderação constante de acordo com a área de superfície relativa de regiões específicas para cada local de medição.
- métodos não ponderados, ou seja, usam o mesmo fator de ponderação para todos os sítios de medição.

Hashiguchi et al. (2010) com o objetivo de investigar os efeitos do ambiente térmico no desempenho mental em ambos os sexos, em diferentes temperaturas, numa sala em diferentes pontos desde o chão aos pontos mais altos das paredes, mediram a temperatura da pele em doze locais do corpo: peito, testa, costas, abdómen, antebraço, costas da mão, coxa anterior e



posterior, anterior e posterior da nuca, peito do pé. Para o efeito usaram uma câmara climática, onde os voluntários estiveram expostos a quatro temperaturas 16°C, 19°C, 22°C e 25°C. Os voluntários aguardaram pelo menos vinte minutos sentados numa sala a uma temperatura de 25°C e 50% de humidade. Os voluntários usaram computador para realizar duas tarefas durante a exposição a diferentes temperaturas. Como resultado encontraram diferenças na temperatura da pele entre a parte superior e inferior do corpo, sendo as diferenças encontradas mais significativas em mulheres do que em homens. Este estudo também demonstrou que a diminuição da temperatura da pele da coxa para os elementos do sexo feminino, foi maior do que para os elementos do sexo masculino e esta diminuição da temperatura da pele tinha uma relação significativa com o conforto térmico. Concluiu-se também que, para o sexo feminino, uma elevada temperatura da pele da parte superior do corpo, refletiu-se numa maior temperatura interna. Embora o resultado do desempenho mental com base na velocidade percetual fosse mais elevada para o sexo feminino do que para o sexo masculino, não houve efeito significativo das diferentes temperaturas na respetiva sala. Para este caso, onde o ambiente da sala era desigual, onde a temperatura de ar mais próximo do solo era inferior à temperatura da zona superior, verificou-se que a temperatura da pele em termos de desconforto térmico foi significativamente maior para o sexo feminino em comparação com o sexo masculino.

Arens & Zhang (2006) referem que a variação da temperatura é totalmente diferente quando se trata de um ambiente quente ou frio. Situação também comprovada por Costa et al. (2014a). Estes autores constataram que foi encontrada maior estabilidade da temperatura da pele em diferentes partes do corpo a temperaturas de 32°C e 60% HR (Costa et al., 2014 b).

Também, Tsutsumi, H., Tanabe, S., Harigaya, J., Iguchi, Y., & Nakamura, G. (2007) estudaram o efeito da humidade no conforto humano e produtividade realizando ensaios em duas câmaras climáticas a 30°C e diferentes humidades 30%, 40%, 50% e 70% HR, tendo-se verificado, no geral, uma sensação agradável a baixas humidades devido a uma maior evaporação no corpo, no entanto, não houve diferença significativa na sensação térmica nas quatro condições. O desempenho também se mostrou ao mesmo nível em todas condições. Quanto ao cansaço, os voluntários relataram maior sensação de cansaço a 70% HR.

É também importante notar que, tanto a temperatura da pele como a sensação térmica parecem atingir um nível constante dentro de aproximadamente 20 min (Nagano, K., Takaki, A., Hirakawa, M., & Tochihara, Y., 2005). Outros estudos têm apontado que a temperatura na ponta do nariz é possivelmente eficaz para avaliar o desempenho mental (Mizuno, T., Nomura, S., Nozawa, A., Asano, H., & Ide, F. 2009); (Kataoka et al., 1998); (Akio & Munecazu, 2009); (Nishimura, N. Murai, K., & Hayashi, 2011). Kataoka et al. (1998) investigaram a relação entre a tarefa com elevado nível de stresse e temperatura da pele, tendo demonstrado uma alta correlação entre o stresse e a temperatura da testa e nariz numa atividade sedentária. Um ano antes Genno et al. (1997) propuseram um método para medir

automaticamente a temperatura da pele facial, afirmando que a medida de temperatura da pele facial é uma forma eficaz de avaliar objetivamente sensações.

### **2.5.2 Temperatura interna do corpo**

Segundo Parsons (2003), a temperatura do núcleo não tem definição. No entanto, é geralmente considerada como a temperatura interna do corpo ou a temperatura dos órgãos vitais, incluindo o cérebro. Se a temperatura do núcleo sobe ou desce, então há consequências práticas para o corpo em termos de saúde, conforto e desempenho.

Quando ocorre uma alteração na temperatura interna do corpo pode ser considerada como uma falha de homeostasia ou como uma reconfiguração do ponto em torno do qual ocorre a termoregulação (Maughan et al., 2007). Pequenas variações são normais, ao longo do dia, já que a temperatura interna varia em cerca de 1°C (González-Alonso et al., 1999).

A produção de calor metabólico e fontes de calor externas são igualmente capazes de elevar a temperatura interna durante o trabalho em ambientes quentes. No entanto, a elevação da temperatura interna pode ser restrita a um nível seguro e administrável se mecanismos de perda de calor (suor e fluxo sanguíneo da pele) forem mantidos (Caldwell et al., 2011).

Após a análise de três revisões recentes, quatro artigos com a comparação entre os três métodos e vinte e um artigos com base em estudos que fizeram as medições com, pelo menos, uma de três técnicas (intra-abdominal, retal e esofágica) (Tabela 5), foi concluído que há um consenso entre os autores que o controle de temperatura interna é uma das melhores maneiras quer de reduzir o risco de danos causados pelo calor (Goodman et al., 2009; Lim et al.; 2008), quer para avaliar o desempenho humano (Wright, K.P., Hull, T. & A. Czeisler, 2002).

Segundo a revisão de Costa et al. (2012c) o estado de alerta, o desempenho e a  $T_c$  (temperatura interna) estão relacionados, concluindo que as reações neurocomportamentais mudam de acordo com o ritmo biológico interno e o tempo de vigília (Costa et al., 2012c).

Relativamente às técnicas de medição indicadas na norma ISO9886:2004, das suas vantagens e limitações, três delas foram escolhidas para discussão e análise mais aprofundada, por Costa et al. (2012c), de forma a selecionar a(s) mais adequada(s) para utilização em ambientes ocupacionais. Estas técnicas foram: a medição da temperatura do esófago, do reto e intra-abdominal. A razão desta escolha prende-se com o facto de os seus valores não serem afetados por gradientes de temperatura que ocorrem nos tecidos superficiais. Assim, o impacto das condições ambientais é minimizado. Nesta seleção foram avaliadas a confiabilidade, usabilidade em ambulatório, bem como o nível de precisão. Analisados os diferentes trabalhos foi possível identificar como o método mais viável para utilização, tanto em ambiente laboratorial, como de ambulatório, a temperatura abdominal através de sensores

térmicos ingeríveis (TIS). As razões prendem-se com facilidade de uso e por ser menos invasivo (Costa et al., 2012c).

Tabela 5 - Estudos que contemplam diferentes tipos de Temperatura Interna

| Autores   | TT*             | EC** | IC*** |
|---|-----------------|------|-------|
| (Adam et al., 2008)                                   | Retal           | x    | x     |
| (Brade, Dawson, Wallman, & Polglaze, 2010)            | Intra-abdominal | x    | x     |
| (Brake & Bates, 2002)                                 | Intra-abdominal | x    | x     |
| (Domitrovitch, Cuddy, & Ruby, 2010)                   | Intra-abdominal | x    | x     |
| (Duffield, McCall, Coutts, & Peiffer, 2012)           | Intra-abdominal | x    | x     |
| (Ely et al., 2009)                                    | Retal           | x    | x     |
| (Fujii, et al., 2008)                                 | Esofago         | x    | x     |
| (Gaoua, Racinais, Grantham, & El Massioui, 2011)      | Intra-abdominal | x    | x     |
| (Goodman et al., 2009)                                | Intra-abdominal | x    | x     |
| (Nybo & Nielsen, 2001b)                               | Esofago         | x    | x     |
| (Nybo, Moller, Volianitis, Nielsen, & Secher, 2002)   | Esofago         | x    | x     |
| (Law & Lim, 2008)                                     | Intra-abdominal | x    | x     |
| (Lee et al., 2010)                                    | Intra-abdominal | x    | x     |
| (McKenzie & Osgood, 2004)                             | Intra-abdominal |      | x     |
| (Nakamura et al., 2008)                               | Intra-abdominal | x    | x     |
| (Racinais et al., 2008)                               | Intra-abdominal | x    | x     |
| (Racinais, Fernandez, Farooq, Valciu, & Hynes, 2012)  | Intra-abdominal | x    |       |
| (Simmons S.E., Mundel, & Jones, 2008 b)               | Retal           | x    | x     |
| (Simmons E Shona., Saxby, McGlone, & A.Jones, 2008a ) | Retal           | x    | x     |
| (Wright,K.P. Hull, T. & A.Czeisler, 2002)             | Intra-abdominal | x    | x     |

\* TT – Tipo de Temperatura; \*\*CE- Comissão de Ética; \*\*\*CI-Consentimento Informado

### 2.5.3 Efeitos da desidratação

A desidratação pode afetar negativamente a produtividade, a segurança e o estado emocional. Por isso, é essencial uma adequada hidratação para a homeostase e a sobrevivência humana incluindo a manutenção da função cerebral. Gopinathan, PM., Pichan, G. & Sharma VM. (1988), desidrataram faseadamente 1, 2, 3 e 4% do peso corporal e descobriram que o rastreio visual motor, memória a curto prazo, atenção e eficiência aritmética, eram todos deficitários quando se atingia 2% ou mais de desidratação (Gopinathan et al., 1988 e Grandjean A & Grandjean N., 2007).

Kenefick, R. W. & Sawka, M. N., (2007), verificaram que, quando a desidratação excede 2% do peso do corpo, a capacidade de trabalho é degradada e a qualidade do desempenho é diminuída. Pode ainda, nestas condições, levar a um impacto adverso no desempenho aeróbico e nas funções cognitivas. Uma das consequências da desidratação é um aumento da temperatura central do corpo durante atividade física, quer em temperatura moderadas 23°-25°C, quer em ambientes quentes 26°-28°C. Por cada 1% de perda de fluidos há um aumento de 0,1-0,2°C na temperatura central do corpo, uma vez no corpo desidratado a taxa de

transpiração desce e a perda de calor por evaporação é, consequentemente, reduzida (Kenefick, R. W. & Sawka, M. N., 2007).

No entanto, a escassa literatura sobre os efeitos da desidratação na função cognitiva humana é contraditória e inconsistente. Embora tenha sido sugerido que o decréscimo no desempenho cognitivo está presente no intervalo de uma redução de 2-3% do peso corporal, vários estudos de dose-resposta indicam que níveis de desidratação de 1% já podem afetar adversamente o desempenho cognitivo (Lieberman H.R., 2007).

Porém, ainda mais recentemente, foram efetuados estudos específicos sobre o efeito da desidratação no desempenho cognitivo com o calor e que vêm comprovar estudos anteriormente referidos. Investigações disponíveis nesta área indicam que um decréscimo de atividade motora, visual, memória e atenção podem ocorrer quando 2% ou mais de peso corporal é perdido, como resultado da desidratação (Jay, O. & Kenny, G. P., 2010).

O calor pode causar stresse fisiológico, particularmente em pessoas com elevado nível de atividade física (Kjellstrom, T., & Weaver, H. J., 2009a). Quando está associado a exercício físico representa um desafio para a capacidade do corpo controlar a sua temperatura interna, devido às altas taxas de produção metabólica de calor e ganho de calor pela transferência física do ambiente. Nestas condições, numa tentativa de restringir a elevação da temperatura interna, é solicitado pelo corpo um aumento na taxa de secreção de suor, sendo que esta situação pode limitar o aumento de temperatura interna e pode prolongar o tempo antes de esta atingir um valor limite, o que acontece à custa de perda de água corporal e electrólitos (Maughan & Shirreffs, 2004).

Para controlar o stresse pelo calor e manter o conforto, segurança e produtividade, torna-se imperativo repor os líquidos e sais corporais perdidos pela transpiração. Muitas organizações, incluindo o “*Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional*” dos USA (OSHA) e a “*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*” recomendam a reposição de líquidos como uma medida preventiva para os trabalhadores se manterem arrefecidos e evitar, assim, o stresse pelo calor. Essas organizações, bem como outros especialistas em segurança e saúde, geralmente recomendam beber entre 150 ml a 250 ml de água fria a cada quinze ou vinte minutos, quando os trabalhadores estão submetidos a uma situação de calor intenso. Segundo NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) o critério estabelecido para um alerta de calor poderá ocorrer quando a meteorologia preveja uma temperatura máxima de 35°C (CDC, 2003)<sup>5</sup>.

Adam et al. (2008) referem que o défice de água no corpo humano ou hipo-hidratação pode reduzir o desempenho cognitivo durante a exposição ao calor ou mesmo em condições

---

<sup>5</sup> Centers for Disease Control and Prevention

ambientais temperadas, no entanto, após ensaios realizados concluíram que hipo-hidratação moderada não tem qualquer efeito sobre o desempenho cognitivo e psicomotor em qualquer meio ambiente estudado (2°C e 20°C) e que a exposição ao frio produz efeitos ambíguos.

#### **2.5.4 Processo de aclimação**

A aclimação desempenha um papel crucial na prevenção dos riscos para a saúde humana. É um processo de adaptação fisiológica que ocorre no corpo humano, como consequência da exposição contínua a um ambiente térmico diferente do que o habitual (Costa et al., 2014c).

Quando o corpo é submetido a condições ambientais muito rigorosas, os mecanismos regulatórios nem sempre são os mais eficazes, pois podem ocorrer mudanças físicas e psicológicas importantes, que em casos extremos podem ser irreversíveis. O calor prolongado pode contribuir para o aparecimento de acidentes no local de trabalho. No momento em que o equilíbrio está ameaçado o corpo reage (manifestando-se com tremores e / ou sudorese), dependendo da condição a que foi submetido (Costa et al., 2014c).

A aclimação ao calor ocorre como consequência de exposição a uma determinada temperatura e tem como objetivo reduzir a temperatura interna permitindo que as pessoas possam suportar melhor o stresse térmico. Quando se fala sobre a exposição ao calor em diferentes atividades de trabalho, pode dizer-se que a aclimação é o processo de menor custo e maior eficácia para melhorar a segurança e conforto dos trabalhadores em situações de potencial stresse por calor. Diferentes pessoas têm adaptações fisiológicas similares durante a aclimação ao calor. Estas adaptações envolvem uma menor frequência cardíaca, menor temperatura interna e da pele e redução da perda de eletrólitos no suor (Naughton, G. A., & Carlson, J. S., 2008).

A aclimação ao calor pode ter um rumo diferente, dependendo do tipo de ambiente, por exemplo, quente e seco em relação a quente e húmido. Nielsen et al. (1993) no seu estudo induziram aclimação em vários indivíduos, os autores concluíram que com aclimação quente a sudorese aumenta e a capacidade de suportar o stresse de calor aumenta, no entanto, a temperatura da pele não se altera significativamente (Nielsen et al., 1993). Brake & Bates (2002) referem que um stresse por exposição excessiva ao calor no local de trabalho pode resultar em doenças provocadas pelo calor, falta de segurança, baixa produtividade, baixa auto-estima e aumento dos custos.

De acordo com a norma NIOSH (2002) indivíduos aclimatados são capazes de suar mais e mais uniformemente na superfície corporal e também começam a suar mais cedo do que indivíduos não aclimatados, estas situações resultam em menor armazenamento de calor e mais baixa tensão cardiovascular (menor frequência cardíaca).

#### **2.5.4.1 O Impacto da aclimação**

De acordo com Nielsen et al. (1993) a realização de exercício diário em calor seco durante 9 a 12 dias, resultou numa duplicação do tempo de resistência. A aclimação ao calor é suscetível de conferir uma importante vantagem, ou seja, uma diminuição da temperatura interna do corpo na ordem de 0,3-0,5°C (Buono et al., 1989). Os efeitos de aclimação também foram investigados por Radakovic et al. (2007) sobre o desempenho cognitivo e fisiológico contra o stresse por calor em soldados, tendo sido realizados testes de stresse em quarenta soldados do sexo masculino. Estes soldados foram submetidos a ensaios a temperaturas de 20°C (16°C temperatura de globo húmido) - ambiente frio e 40°C (29°C temperatura de globo húmido) não aclimatados e após aclimação durante 10 dias. As temperaturas foram medidas na pele e tímpano e a frequência cardíaca mediu a tensão fisiológica.

Os testes cognitivos também foram realizados antes e após o teste de stresse e concluiu-se que em soldados não aclimatados houve uma diminuição no número de respostas corretas, enquanto em soldados com aclimação não sofreu efeitos prejudiciais (Radakovic et al., 2007). Brake & Bates (2002) constataram como uma indicação dos efeitos da aclimação sobre a produtividade, que os trabalhadores são mais eficientes aclimatados a temperaturas de 27°C, enquanto os trabalhadores não aclimatados são mais eficientes entre 18 e 21°C.

#### **2.5.4.2 Aclimação ao calor**

A aclimação ao calor seco é diferente da aclimação ao calor húmido, porque as adaptações fisiológicas são diferentes entre estas duas condições. Embora a literatura sobre o assunto seja bastante escassa, há no entanto evidências para apoiar essa teoria (Sawka, M. N., Castellani, J. W., Pandolf, K., & Young, A. J., 2001). A aclimação ao calor é transitória e desaparece gradualmente, se não for mantida a exposição repetida ao calor. Greenleaf J.E & Kaciuba-Uscilko (1998) referem que, apesar de aclimação ao calor, para a maioria das pessoas, começar no início de um período de trabalho no calor, é rapidamente perdida se a exposição é interrompida.

A perda de aclimação começa quando a atividade sob essas condições de stresse de calor é interrompida e uma perda perceptível ocorre após quatro dias (NIOSH, 2002). Sawka et al. (2001) referem que não há consenso sobre a taxa de decaimento para aclimação ao calor, inclusivamente, encontraram no seu estudo opiniões diferentes sobre isso, alguns autores mencionaram que a aclimação ao calor pode ser mantida por duas semanas após a última exposição ao calor, e em seguida, ser perdida rapidamente ao longo das duas semanas seguintes, outros relatam alguma perda de aclimação em indivíduos sedentários após uma semana.

Os ajustes fisiológicos de aclimação ao calor são: redução das temperaturas interna e da pele, diminuição da frequência cardíaca e aumento da taxa de transpiração. As principais alterações que ocorrem com aclimação quente são: aumento do volume sanguíneo; aumento do fluxo sanguíneo; aumento do tônus venoso; aumento da taxa de transpiração; início mais precoce da transpiração; suor com concentração de sódio inferior; transpiração mais generalizada; menor frequência cardíaca; menor taxa metabólica, temperatura interna inferior, menor temperatura da pele, melhor equilíbrio hídrico e aumento da sede, entre outras adaptações (Ribeiro, 2010, p. 287; Sawka et al., 2001).

### 2.5.4.3 Estimativa de dias de aclimação

A pesquisa bibliográfica efetuada (Costa et al., 2014c) indica que a duração do período de aclimação não é consensual, contudo duas semanas (14 dias) parece ser pelo menos o recomendado, no entanto, os benefícios da aclimação começam imediatamente após o segundo dia de aclimação. Por outro lado, a aclimação ocorre em adultos após 5 a 10 dias, quando realizam exercícios num ambiente quente, com uma ou duas horas por dia de exposição ao calor (Ribeiro 2010, p. 299).

Em 1998, Armstrong referiu que, para a aclimação completa ao calor são necessários mais de 14 dias, mas o ajuste do sistema do corporal varia ao longo do tempo. Durante os primeiros cinco dias (Tabela 6) envolve uma melhoria na função cardiovascular, incluindo o aumento do volume do plasma e redução da frequência cardíaca. No entanto, a expansão do volume de plasma é temporária, porque diminui entre o oitavo e décimo quarto dia de aclimação.

A adaptação da termorregulação, como por exemplo, aumento da sudorese e transpiração precoce e as adaptações cardiovasculares, resultam numa diminuição da temperatura interna após 5 a 8 dias. Por exemplo, a perda de cloreto de sódio na urina e transpiração ocorre entre o terceiro e nono dia de aclimação ao calor (Armstrong, 1998).

Contudo a aclimação ocorre em diferentes fases, na Tabela 6 estão descritos alguns períodos correspondentes a cada situação (Costa et al., 2014c).

Tabela 6 - Número de dias até à adaptação num processo de aclimação

| Adaptação   | Período de Aclimação |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
|---|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
|   | 1                    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Diminuição do ritmo cardíaco                      |                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| Aumento do volume de plasma                       |                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| Diminuição da temperatura interna                 |                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| Normalização do desconforto                       |                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| Diminuição da concentração do sal na transpiração |                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| Aumento da produção de suor                       |                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| Diminuição da concentração do sal nos rins        |                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |

Adaptado de (Costa et al., 2014c)

## **2.6 O impacto do ambiente térmico quente na produtividade**

Bluyssen (2010) refere que a produtividade depende de muitos aspetos: bem-estar, satisfação no trabalho, competência técnica, as conquistas de carreira, do interface casa / trabalho, do relacionamento com os outros, de circunstâncias pessoais, de questões organizacionais e, também de fatores ambientais (interior e ambiente ao ar livre). O mesmo autor sustenta que a produtividade é medida de três maneiras diferentes:

- **Objetivamente:** medindo a velocidade de trabalho e a precisão dos resultados através da conceção de experiências muito controladas com testes bem focados;
- **Subjetivamente:** por meio de escalas de auto-estima e questionários para avaliar as opiniões individuais de pessoas em relação a seu trabalho e meio ambiente;
- **Medidas combinadas:** usando algumas medidas fisiológicas, tais como atividade cerebral, para ver se as variações nos padrões das respostas do cérebro se correlacionam com respostas avaliadas através de questionários.

No âmbito da melhoria das condições de trabalho, da qualidade de vida, da segurança e produtividade, o ambiente térmico desempenha um papel importante. A produtividade é condicionada pelo conforto / desconforto percebido pelos indivíduos, afetando assim as diferentes áreas ocupacionais. A questão que aqui se coloca, é se existem temperaturas para as quais o trabalho se pode tornar perigoso. Segundo vários estudos, a resposta é claramente positiva, pois a excessiva exposição ao calor, está relacionada com o stress por calor, o qual é prejudicial para a saúde.

A combinação de calor e humidade pode ser um perigo grave para a saúde, durante os meses de verão, para trabalhadores em espaços exteriores (por exemplo: hotéis, praias, quintas, construção) ou para trabalhadores no interior (por exemplo: cozinhas, lavandarias, padarias, fundições) que correm o risco de desenvolvimento de doenças relacionadas com a exposição ao calor excessivo.

O choque térmico, tal como já referido, uma das doenças mais comuns associadas ao calor, afeta de maneira trágica a vida de indivíduos aparentemente saudáveis, como atletas (Bergeron et al., 2005), militares (Carter et al., 2007) e trabalhadores industriais (Talaia & Rodrigues, 2004).

### **2.6.1 Ambiente térmico e produtividade**

São várias as atividades efetuadas em ambientes quentes, ou em ambientes quentes e húmidos (Costa et al., 2011 a). Como consequências deste tipo de exposição são frequentes as alterações no comportamento, humor, aumento da distração, aumento da fadiga física,



desmotivação, perda de velocidade na realização de tarefas, diminuição do grau de concentração e de precisão e aumento de absentismo (Olli, S. & William, J.F., 2005).

Salientam-se ainda outros problemas mais graves, como os já conhecidos: choque térmico, colapso térmico, desidratação e desmineralização (Carter et al., 2007), cujos efeitos são variados e conduzem a situações como a diminuição da capacidade mental, a diminuição da destreza (Parsons, 2009) e o aumento do tempo de reação (no caso da desidratação), podendo ainda causar doenças crônicas e, em alguns casos, a morte, quando na presença de choque térmico (Kenifeck 2007).

Na Tabela 7, apresenta-se um resumo sobre a relação entre a produtividade e ambiente térmico quente de acordo com diferentes autores.

O Ambiente Térmico é um dos fatores mais importantes com impacto na produtividade, na saúde e na sinistralidade laboral. Giampoli et al. (1985) em estudos laboratoriais e na indústria comprovaram a influência do calor, tanto para a produtividade como no risco de acidente.

Tabela 7 - Relação entre a produtividade e o ambiente térmico quente

| <b>Autor</b>                                | <b>Ambiente</b> | <b>Temperatura</b>                                     | <b>Produtividade</b>                 |
|---|-----------------|--|--------------------------------------|
| Niemelä et al., 2001)                       | Ambiente Quente | Cerca de 25°C (em <i>call center</i> )                 | Diminui 1,8% por cada °C que aumenta |
| Niemelä et al., 2002)                       |                 | Acima de 25°C (em <i>call center</i> )                 | Diminui 2,2% por cada °C que aumenta |
| Federspiel, C., Liu, G. & Lahiff, M., 2002) |                 | Entre 24,8°C a 26°C                                    | Diminui 15%                          |
| (Link & Pepler, 1970)                       |                 | Numa fábrica de confecção têxtil entre 23,9°C a 32,2°C | Diminui 8%                           |
| (Sepänen et al.,2003)                       |                 | Entre 25°C e 32°C                                      | Diminui 2%, por cada °C que aumenta  |
| (Sepänen et al.,2003)                       |                 | Entre 21°C e 25°C                                      | Não afeta                            |

Segundo Givoni et al. (1970) e Smith, D. L., Petruzzello, S. J., Kramer, J. M., & Misner, J. E. (1997), no caso concreto da atividade dos bombeiros, os riscos relacionados com o stresse térmico aumentam com:

- Altas temperaturas e humidade relativa - apesar de vários índices estarem estabelecidos tendo em conta os limites de segurança em diferentes condições de ambiente, pouco são adaptáveis a bombeiros em operações de combate a fogos.
- Aumento do nível da carga de trabalho - antecipa os sintomas de stresse térmico em determinadas condições ambientais.
- Aumento da quantidade de vestuário – o vestuário de proteção pesado usado em respostas à emergência enquanto protege do calor exterior, também impede a saída de calor do corpo, esta situação não ajuda se a roupa afetar a evaporação da transpiração.

## 2.6.2 Ondas de calor e alterações climáticas

O estudo dos efeitos do calor proveniente, quer das ondas de calor, quer dos processos industriais, tem um contributo relevante, pois o reconhecimento das alterações provocadas

pelo excesso de calor ajudam a adotar medidas eficazes para um ambiente de trabalho mais seguro.

Os valores das temperaturas podem ser constantes e previsíveis em algumas atividades em ambientes interiores como, por exemplo, a indústria da fundição; ou podem variar com a época do ano quando se trata de ambientes exteriores como, por exemplo, a agricultura.

Em alguns países como o Canadá estes problemas são considerados um novo desafio de desenvolvimento. Por isso, têm sido realizados estudos em que se pretende avaliar o impacto de eventos extremos do clima na saúde e bem-estar das pessoas e em particular de trabalhadores. Estes estudos são justificados uma vez que pessoas que trabalham, tanto em ambientes exteriores como interiores podem ter dificuldade em equilibrar as suas funções no trabalho com a sua segurança pessoal quando sujeitos a condições ambientais extremas.

Exposições prolongadas combinadas com diferentes valores de temperatura e humidade no local de trabalho e fora dele podem ser importantes fatores de risco. Para tarefas associadas a elevada atividade física, o risco de stresse por calor é potencialmente maior na medida em que um nível de metabolismo mais elevado exige uma maior quantidade de calor a ser dissipado para manter o equilíbrio térmico. Este cenário pode ainda ser ampliado pelos efeitos combinados do vestuário de proteção muitas vezes exigido para um determinado trabalho ou tarefa, mesmo para tarefas com baixo nível de atividade física (Costa et al., 2011a). Tomem-se como exemplo as indústrias mineiras, as de fundição, e algumas indústrias químicas (Jay, O. & Kenny, G. P., 2010).

Em diversos setores, os trabalhadores podem ter de trabalhar continuamente em condições de calor, situação que pode resultar em tensão de calor “*Heat Strain*”. Esta circunstância pode ocorrer ou não, dependendo das condições ambientais e dos fatores individuais (Kok R, J.Senior, R.E Schiefer, M.I.Lewis & G.B. Meese, 1986). No entanto, pode ser agravada no verão ou em climas mais quentes, para trabalhadores que laboram em ambientes não controlados (Costa et al., 2011a).

Neste sentido é importante o estudo do conforto térmico, utilizando não apenas os índices de stresse térmico mas atendendo também aos parâmetros pessoais específicos, nomeadamente, através da avaliação da sensação térmica do operador, permitindo, deste modo, utilizar estratégias individuais e diferenciadas. Esta vertente de investigação apresenta interesse acrescido, quer a nível energético quer a nível de melhoria de índices de produtividade (Talaia & Rodrigues 2006).

Na Tabela 8 são apresentados alguns estudos que relacionam dois ou mais dos seguintes fatores: Alterações Climáticas (AC), Metabolismo (M), Produtividade (P) e Aspetos Cognitivos (Cogn) (Costa et al., 2011b).

Tabela 8 - Exemplo de artigos agrupados por categoria de tema

| <i>1º Autor</i>                                       | <i>Aspetos Cognitivos</i> | <i>Ambientes Quentes</i> | <i>Alterações Climáticas (AC)</i> | <i>Metabolismo (M)</i> | <i>Produtividade (P)</i> |
|---|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Adam et al., 2008                                     | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Ahmed et al., 2010                                    |                           |                          | AC                                |                        | P                        |
| Basu et al., 2010                                     |                           |                          | AC                                |                        |                          |
| Bennett,C., 2010                                      |                           |                          | AC                                |                        | P                        |
| Berry et al., 2010                                    |                           |                          | AC                                |                        |                          |
| Byass et al., 2010                                    |                           |                          | AC                                |                        |                          |
| Carter et al., 2007                                   |                           | AQ                       |                                   |                        |                          |
| Casa, et al., 2010                                    | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Dapi et al., 2010                                     | Cogn                      |                          | AC                                |                        |                          |
| Di Stasi et al., 2010                                 | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| DiDomenico et al., 2008                               | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Eston, 2005   |                           |                          |                                   |                        | P                        |
| Faerevik et al., 2003                                 | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Gaoua, 2010   | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Gaoua et al., 2011                                    | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Hancock, 1982   | Cogn                      | AQ                       |                                   |                        |                          |
| Hutton, 2008  | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Inbair et al., 2004                                   |                           |                          |                                   | M                      |                          |
| Ingvar Holmer, 2010                                   |                           | AQ                       |                                   |                        |                          |
| Lovvorn, J.R., 2008                                   |                           |                          |                                   | M                      |                          |
| Jackson et al., 2010                                  |                           |                          | AC                                |                        |                          |
| Jay, O. & Kenny, G. P. , 2010                         |                           |                          | AC                                | M                      |                          |
| Kenefick, R.& Sawka, M., 2007                         |                           | AQ                       |                                   |                        | P                        |
| Kjellstrom et al., 2009b                              |                           |                          | AC                                |                        | P                        |
| Lan et al., 2010                                      |                           | AQ                       |                                   |                        | P                        |
| Lan et al.,2008                                       | Cogn                      | AQ                       |                                   |                        | P                        |
| Lieberman H.R., 2007                                  | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Luber, G. & Prudent, N., 2009                         |                           |                          | AC                                |                        |                          |
| Maughan & Shirreffs, 2004                             |                           |                          |                                   | M                      |                          |
| Miller & Bates, 2007                                  |                           |                          | AC                                |                        | P                        |
| McGeehin & Mirabelli., 2001                           |                           |                          | AC                                | M                      |                          |
| Nag, P. K., Nag, A., & Ashtekar, S. P., 2007          |                           | AQ                       |                                   |                        |                          |
| O'Neal & Bishop 2010                                  | Cogn                      | AQ                       |                                   |                        |                          |
| Parsons, 2009   |                           |                          | AC                                |                        | P                        |
| Racinais et al., 2008                                 | Cogn                      | AQ                       |                                   |                        |                          |
| Radakovik, 2007                                       | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Sauerborn, R., Kjellstrom, T., & Nilsson, M., 2009    |                           |                          | AC                                |                        | P                        |
| Ridderinkhof et al.,2004                              | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Ryu & Myung, 2005                                     | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Seppänen,O.A.& Fisk W.J., 2005a                       |                           | AQ                       |                                   |                        | P                        |
| Simmons et al., 2008a                                 | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Tanabe, S.-I., Nishihara, N., & Haneda, M., 2007      | Cogn                      | AQ                       |                                   |                        |                          |
| Tanaka, 2006  | Cogn                      |                          | AC                                |                        | P                        |
| Tham, K. W., & Willem, H. C., 2010                    | Cogn                      | AQ                       |                                   |                        |                          |
| Watson et al., 2005                                   |                           |                          | AC                                |                        |                          |
| Witterseh & Clausen, 2004                             | Cogn                      | AQ                       |                                   | M                      | P                        |
| Worfolk JB, 2000                                      |                           |                          | AC                                |                        |                          |
| Wyon D. P., I. Andersen, & G. R. Lundqvist, 1972      | Cogn                      | AQ                       |                                   |                        |                          |
| Wyon, David P., Andersen & Lundqvist, Gunnar R., 1979 | Cogn                      | AQ                       |                                   |                        |                          |
| Xun, W., Khan, A., Michael, E., & Vineis, P., 2010    |                           |                          | AC                                |                        |                          |
| Yoshimitsu et al., 2004                               |                           |                          |                                   | M                      |                          |
| Schlader, Simmons, Stannard, & Mündel, 2011           | Cogn                      |                          |                                   |                        |                          |
| Zhao et al., 2009                                     |                           | AQ                       |                                   |                        | P                        |

### 2.6.3 Índices associados ao stresse por calor

Os ambientes Térmicos Quentes são caracterizados por condições ambientais que levam à ocorrência de stresse térmico. Um índice de stresse térmico é um valor único que integra os efeitos dos parâmetros fundamentais em qualquer ambiente térmico e irá variar com a tensão térmica experimentada pelo indivíduo exposto, podendo ser usado para estabelecer os limites de segurança do trabalho (Parsons, 2003).

Na Tabela 9 são apresentados os principais índices associados aos ambientes quentes, sendo alguns classificados como índices de stresse térmico, onde é considerado o esforço fisiológico (Costa et al., 2011a).

Tabela 9 - Índices relacionados com o esforço fisiológico e a sensação térmica.

| Autor   | Índice    | Nome   | Método  | Tipo de índice      |
|---|-----------|--|---|---------------------|
| <sup>[1]</sup> Belding & Hatch, 1955  | HSI       | Índice de Stresse por calor                                | Baseado no balanço térmico.   | Esforço Fisiológico |
| <sup>[1]</sup> Givoni et al., 1970  | ITS       | Índice para o Stresse Térmico                              | -----   | Esforço Fisiológico |
| Höpe, 1999  | PET       | Temperatura Equivalente Fisiológica                        | Temperatura equivalente fisiológica para qualquer lugar   | Esforço Fisiológico |
| Houghten et al., 1923   | ET        | Temperatura efetiva  | Baseada na combinação da temperatura de globo seco e de globo húmido e da velocidade do vento.  | Sensação Térmica    |
| <sup>[1]</sup> Lee & Henschel, 1963   | RSI       | Índice de Stresse Relativo                                 | -----   | Esforço Fisiológico |
| <sup>[1]</sup> Lee, 1958  | TSI       | Índice de Stresse Térmico                                  | -----   | Esforço Fisiológico |
| Masterton & Richardson, 1979  | HU        | Humidex  | Fornece uma temperatura equivalente em função dos valores da temperatura e da humidade do ar.   | Esforço Fisiológico |
| <sup>[1]</sup> McAriel et al., 1947   | P4SR      | Taxa de suor estimada para 4 horas                         | Com base na avaliação de respostas fisiológicas num período de 4 horas sob determinada condição térmica.  | Esforço Fisiológico |
| Missenard, 1948   | RT        | Temperatura Resultante                                     | A partir de experiências similares às da T. Efetiva   | Sensação Térmica    |
| Norma ISO7730   | PPD/PMV   | Índices de Conforto Térmico                                | PPD (% de Pessoas Insatisfeitas) PMV (Voto Médio estimado)  | Sensação Térmica    |
| <sup>[1]</sup> Plummer, 1945  | TAR       | Índice da Relação de Aceitação Térmica                     | Estabelece a Relação de Aceitação Térmica   | Sensação Térmica    |
| Talaia & Simões, 2009   | EsCon Ter | Escala de Conforto Térmico                                 | Baseado numa escala de cores (Es), por considerar a sensação de conforto (Con) e por ser térmica (Ter) e valoriza o conhecimento da temperatura do ar e temperatura do termómetro molhado | Sensação Térmica    |
| Vernon e Warner, 1932   | ET*       | Nova Temperatura Efetiva, ou Temperatura Efetiva Corrigida | Substitui a temperatura de globo seco pela temperatura de globo (para consideração dos efeitos da radiação).  | Sensação Térmica    |
| <sup>[1]</sup> Vogt et al., 1981  | Swreq     | Taxa requerida de suor                                     | Baseado na taxa de suor requerida, a partir do HSI e do ITS. Segue a norma ISO7933  | Esforço Fisiológico |
| Webb, 1960  | EC        | Índice Equatorial de Conforto                              | Correlação entre a temperatura, pressão e velocidade do ar com a temperatura do ar saturado e parado  | Sensação Térmica    |
| <sup>[1]</sup> Yaglou & Minard, 1957  | WBGT      | Índice de Globo húmido e temperatura de Globo              | Baseado na temperatura de globo e de globo húmido. A avaliação deste índice segue as normas ISO/DIS 7243 1982)  | Esforço Fisiológico |
| <sup>[1]</sup> Citado por Lamberts, R. & Xavier, A. A. de P (2002) e adaptado de Lamberts, R. & Xavier, A. A. de P (2002) e Monteiro & Alucci. (2007) |           |  |   |                     |

## **2.6.4 Temperaturas elevadas e aspetos cognitivos / produtividade**

Embora muita investigação tenha vindo a ser realizada sobre os efeitos do calor no desempenho cognitivo, tem-se revelado difícil descrever os resultados da literatura de uma forma sistemática. Isto deve-se, tal como já referido, a um grande número de fatores que entram em jogo, como por exemplo: o tipo de tarefa, a duração da exposição, a capacidade e o nível de aclimação do indivíduo.

O stresse térmico pode influenciar a atividade cognitiva humana que em certas tarefas pode ser crítica, como por exemplo em pilotos de aviação, aos quais é exigido um desempenho eficiente. Faerevik et al. (2003) referem que o vestuário de proteção pode ser um problema significativo para os pilotos durante os voos, tendo em conta que esse vestuário pode proporcionar um isolamento extra que impede a perda de calor por evaporação. Também o aumento da fadiga e a diminuição da função cognitiva são algumas das consequências relacionadas com o stresse térmico (Miller V.S. & Bates, G.P.2007).

Entre 1960 e 1970, vários estudos analisaram a influência do ambiente térmico no desempenho escolar de estudantes. Mais tarde, trabalhos como os de Wyon, David P., Andersen e Lundqvist, Gunnar R. (1979), e Wardocki (2005) relatam que o aumento da temperatura e a degradação da qualidade do ar também reduz o desempenho dos estudantes. No entanto, segundo os mesmos autores, ainda existem pontos que podem ser investigados, tendo em conta que muitos desses estudos basearam-se somente na variável temperatura do ar para avaliar o desempenho na aprendizagem. Segundo Batiz (2009), “*A utilização de todas as variáveis térmicas estabelecidas por Fanger em estudos científicos que avaliam o desempenho da aprendizagem é rara*”, daí a importância de verificar o quanto as variáveis ambientais influenciam no conforto e no rendimento do trabalho ou numa atividade realizada por um grupo de pessoas. O mesmo autor acrescenta ainda que manifestações fisiológicas como dor de cabeça, fadiga, alteração sensorial, depressão intelectual, indiferença, sono, descoordenação motora e perda de memória, têm surgido cada vez mais frequentemente, não sabendo exatamente em que condições.

## **2.7 Alterações no desempenho cognitivo**

### **2.7.1 Tipo de tarefas**

O desempenho cognitivo é definido como um conjunto de processos mentais, tais como processamento de informação, aprendizagem, perceção, memória e raciocínio, atenção e resolução de problemas. Neste ponto de vista, os aspetos cognitivos desempenham um papel fundamental na segurança, orientação e tomada de decisões, especialmente para evitar situações críticas (Færevik, H., & Reinertsen, R.E., 2003). O funcionamento psicomotor

(tempo de reação, tempo de movimento, velocidade de desempenho) também foi incluído neste conceito (Antunes et al., 2006). Por outro lado e de acordo com Annunziata et al. (2011), o funcionamento cognitivo também está incluído no conceito de qualidade de vida.

Há um consenso entre os autores sobre a importância visível de estudar a influência do ambiente térmico na resposta cognitiva. A função cognitiva, com uma série de processos mentais, incluindo memória, atenção, funções executivas, linguagem e percepção, desempenha um papel fundamental na vida das pessoas, especialmente na independência social e no trabalho. O comprometimento cognitivo também pode ocorrer como consequência de transtornos do humor ou angústia psicoemocional (Annunziata et al., 2011).

Conforme foi referido por Parsons (2003), para avaliar ambientes térmicos humanos, pode ser necessário quantificar o ambiente, parâmetros básicos já referidos, e seus efeitos (fisiológicos, psicológicos) e interpretar os valores obtidos em termos de saúde, conforto e desempenho das pessoas expostas. O presente estudo, pretende relacionar a resposta fisiológica com a resposta cognitiva. Para isso, as variáveis de base, mencionadas na introdução, podem ser quantificadas utilizando-se instrumentos de medição; as respostas fisiológicas podem ser medidas utilizando sensores ligados ao corpo, as respostas psicológicas podem ser quantificadas usando medidas subjetivas e comportamentais. Já em relação ao desempenho cognitivo, este pode ser medido através de testes de função cognitiva (aritméticos, monitorização visual e memória) e técnicas de eletroencefalografia (Ribeiro, 2010), entre outros.

Como Parsons (2003) também afirma, em ambientes quentes o corpo vai suar e a temperatura interna pode subir. A angústia ou desconforto resultante pode levar a mudanças de comportamento e afetar o desempenho cognitivo, por exemplo, o desempenho mental, o processamento de informação e a memória.

Ao longo dos anos, tem havido uma controvérsia / evolução sobre os efeitos centrais de condições térmicas e de desempenho mental tal como referido na revisão de Costa et al. (2012b). Também O'Neal E. & Bishop P. (2010) afirmaram que os resultados obtidos estão de acordo com as pesquisas anteriores sugerindo que as mudanças na função cognitiva dos indivíduos, neste caso expostos à atividade física em ambiente quente podem: aumentar, diminuir ou mudar muito pouco. Este paradoxo entre os resultados, ocorre por interferência de vários fatores, tais como o tipo de tarefa, as características do trabalhador, o nível de motivação (Tanabe, S.-I., Nishihara, N., & Haneda, M., 2007), fatores psicológicos, características de edifícios, a gravidade da exposição à temperatura, complexidade e duração da tarefa cognitiva (Gaoua, 2010), entre outros.

Também, Hancock P.A, Jennifer M. R, & James L. S. (2007), confirmaram na sua meta-análise a influência negativa do stresse térmico sobre o desempenho humano. Reconheceram, no entanto, que o desempenho cognitivo é menos afetado do que o desempenho psicomotor e

tarefas perceptivas e, neste último caso, era importante o tipo de tarefa, a duração da exposição e a intensidade de fatores que causavam stresse. Também na revisão de Costa et al. (2012b), os resultados confirmaram a importância do tipo de tarefa, o tempo de exposição e a intensidade dos indicadores de stresse como variáveis chave para entender como as condições térmicas têm impacto nos resultados de desempenho e estes resultados foram consistentes com a teoria de que o stresse força o indivíduo a alocar recursos de atenção para avaliar e lidar com a ameaça, o que reduz a capacidade de processar informações relevantes para executar as tarefas (Costa et al., 2012b).

### **2.7.2 Resposta cognitiva em atividades sedentárias**

Alterações moderadas na temperatura interna do corpo podem influenciar potencialmente o desempenho durante atividades cognitivas (Jay, O. & Kenny, G. P., 2010). Em ambientes quentes, aqueles que vão ser estudados nesta tese, a temperatura interna pode subir, o que pode levar a alterações comportamentais e efeitos no desempenho cognitivo (Parsons, 2003).

As diferenças de temperatura e humidade, podem provocar alterações no desempenho humano a vários níveis, nomeadamente, no foro produtivo e cognitivo, sendo simultaneamente prejudiciais para a saúde dos indivíduos sujeitos a essas condições. No entanto, a relação entre exposição ao calor, e desempenho cognitivo é difícil de avaliar. Por esta razão, os resultados da pesquisa sobre produtividade são contraditórios, tendo em conta que outros fatores, além dos já referidos no ponto anterior, podem afetar os resultados como por exemplo: o tipo de trabalhador, fatores psicológicos, assim como o nível de motivação (Tanabe et al., 2007).

O'Neal E.K. & Bishop P. (2010) demonstraram, que a taxa de comportamentos de risco e acidentes em ambientes industriais aumentam simultaneamente com a atividade e temperaturas elevadas, ou seja, temperaturas ambiente acima de 24°C (WBGT) e quando a temperatura central do corpo excede 38°C. O reconhecimento desta situação poderia permitir aos supervisores gerir mais eficazmente os trabalhadores e, eventualmente, tornar o ambiente de trabalho mais seguro, nos casos em que um erro mental possa dar origem a um acidente (O'Neal E.K. & Bishop, P., 2010).

Em escritórios, a relação quantitativa entre a temperatura e produtividade pode variar dependendo das características dos edifícios, das características dos seus ocupantes e do tipo de trabalho. Foi demonstrado por Seppanen O. A., Fisk WJ (2005b) através de um exemplo simples, que a utilização de ventilação durante a noite, melhora os ambientes interiores aumentando a produtividade (Seppänen, O.A.& Fisk, W.J. 2005a). No entanto, os mesmos autores também referem a existência de estudos que apontam que não existe relação significativa entre a temperatura e a produtividade quando se trata de valores dentro da zona

de conforto, mas quando esses valores se situam entre 24,8°C - 26°C, denota-se um decréscimo de 15% na produtividade (Sousa & Baptista, 2014).

No que diz respeito à relação entre pico de desempenho e alerta mental, Tanaka (2006) concluiu que ocorre deterioração do desempenho, tanto a um nível baixo ou mesmo a um elevado nível de estado de alerta. Os níveis de alerta reduzem o conforto e as altas temperaturas afetam o desempenho (Tanaka, 2006).

Na verdade, O'Neal E.K. & Bishop, P. (2010) tiveram como objetivo principal do seu estudo examinar o desempenho em três diferentes tipos de tarefas mentais simples, após simulação de um trabalho pesado (450 Kcal.h<sup>-1</sup>) em ambiente quente e húmido com valores 30°C (WBGT). Os resultados desta investigação estão de acordo com pesquisas anteriores, sugerindo que as alterações na função cognitiva dos indivíduos expostos a atividade física, em ambiente quente, podem aumentar, diminuir ou mudar muito pouco. No entanto, a alteração de processamento mental pode variar bastante após a exposição ao calor entre os diferentes indivíduos. A simples aplicação repetida de um teste aritmético poderá ajudar a prever quais os trabalhadores que serão mais afetados negativamente (O'Neal E.K. & Bishop, P., 2010).

Por seu lado, Lan et al. (2010) usaram testes neurocomportamentais informatizados num estudo em laboratório, tendo sido avaliados diferentes parâmetros fisiológicos tais como: variação da frequência cardíaca e eletroencefalografia, em determinadas condições térmicas de temperatura e humidade relativa 17°C e 63,2%, 21°C e 71,3% e 28°C e 62,6%. Foram usadas várias escalas de avaliação subjetiva: emoção, bem-estar, motivação e carga de trabalho imposta por tarefas, onde foi verificado que os participantes mantiveram o seu desempenho, exercendo um esforço maior quando a carga de trabalho era superior num ambiente de desconforto térmico. Lan et al. (2010) concluíram que o desconforto térmico causado pela alta ou baixa temperatura teve influência negativa sobre a produtividade e que as escalas de avaliação subjetiva foram suplementos úteis de medida de desempenho neurocomportamental, tendo concluído que o bem-estar e a motivação são também afetados pela temperatura.

No que se refere a temperaturas frias, várias indústrias experimentam períodos de exposição ao frio e reaquecimento durante todo o dia de trabalho, mas o desempenho mental nestas condições é desconhecido (Muller et al., 2012). Os mesmos autores demonstraram que a memória de trabalho (armazenamento temporário de informação com capacidade limitada), tempo de reação, e função executiva, diminuíram durante a exposição a temperatura fria, de 10°C, tendo essa situação persistido durante 60 minutos mesmo após um período de reaquecimento.

Finalmente, não pode deixar de se referir que também as condições climáticas podem contribuir para um agravamento do desempenho e para um maior impacto na saúde ocupacional. As alterações climáticas podem afetar a saúde mental direta ou indiretamente,



influenciando a saúde física através de problemas de esgotamento por calor em pessoas vulneráveis, problemas já referidos por Carter et al. (2007) e, mais recentemente, por Berry, K., Bowen & T., Kjellstrom (2010).

McGeehin M.A.M. & Mirabelli, M. (2001), consideram que a relação entre a saúde humana e stresse provocado pelo clima é um assunto complexo a nível médico, social e ambiental, pois a capacidade de responder ao stresse por calor é limitada pela capacidade de aumentar o débito cardíaco necessário para o fluxo sanguíneo (McGeehin M.A.M. & Mirabelli, M., 2001).

A avaliação do potencial impacto na saúde ocupacional e na capacidade de trabalho em pessoas expostas a temperaturas elevadas devido às alterações climáticas foi estudada por Kjellstrom, T., & Weaver, H. J. (2009a). Neste estudo concluiu-se que um dos resultados das mudanças climáticas é a redução da capacidade de trabalho em atividades cuja exposição ao calor é elevada e verifica-se uma maior dificuldade em alcançar o desenvolvimento económico e social nos países afetados pelo impacto das mudanças climáticas (Kjellstrom et al., 2009a). Por seu lado Seppänen O., Fisk W.J. & Faulkner, D. et al. (2003) defendem que existe uma relação entre a resposta humana e os benefícios económicos, pois as doenças provocam custos de saúde e baixas médicas. Como tal, a falta de saúde dos funcionários afeta, por conseguinte, o seu desempenho no trabalho como tal (Seppänen O., Fisk W.J. & Faulkner, D., 2003).

## **2.8 A ciência cognitiva e o EEG**

### **2.8.1 O cérebro e os seus hemisférios**

O cérebro com os seus dois hemisférios, esquerdo e direito, é um dos primeiros órgãos que pode ser deteriorado quando existe uma perda acentuada de oxigénio ou glicose, um aumento grande de calor ou de um desequilíbrio ao nível do pH.

Para a maioria das pessoas o hemisfério esquerdo é o principal mediador das funções verbais, incluindo leitura e escrita, compreensão e fala, conceção verbal e memória. O hemisfério direito domina o processamento de funções mais “instintivas” ou “automáticas” não representáveis facilmente por verbalização (Lan et al., 2009).

Os mesmos autores, ao estudarem o efeito da temperatura no desempenho, concluíram que a temperatura ambiente afeta diferencialmente o desempenho da tarefa, dependendo do tipo de tarefa. Esta discrepância pode resultar do facto de as diferentes tarefas serem realizadas em diferentes hemisférios.

Em cada hemisfério, o cérebro tem duas zonas distintas, constituídas pelas chamadas massa cinzenta e massa branca. O córtex cerebral (massa cinzenta) é dividido em várias áreas

comummente designadas por lobos cerebrais. A sua localização é a seguinte: o lobo frontal fica localizado na região da testa; o lobo occipital, na região da nuca; o lobo parietal, na parte superior central da cabeça; e os lobos temporais, nas regiões laterais da cabeça, por cima dos canais auditivos (Figura 3).

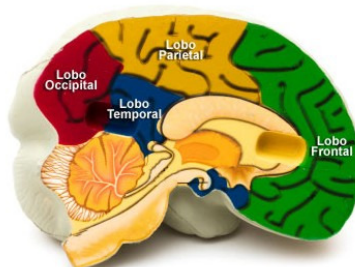


Figura 3 - Localização dos lobos cerebrais

<http://neuropsicopedagogianasaladeaula.blogspot.pt/2012/05/pesquisando-sobre-o-cerebro-4.html>, acessado em 2014.09.24

Ainda segundo Lan et al. (2009), o Lobo Frontal, auxilia no controle motor e nas atividades cognitivas, como o planeamento, a tomada de decisões, o estabelecimento de metas, projetando o presente para o futuro através de um comportamento intencional, raciocínio e emoções. O Lobo Parietal, auxilia nos processos sensoriais, interpretação espacial, atenção e compreensão da linguagem, percepção de estímulos relativos ao toque, pressão, temperatura e dor. O Lobo Occipital, processa a informação visual e passa as suas conclusões aos lobos Parietal e Temporal. O Lobo Temporal, auxilia na percepção auditiva, compreensão da linguagem, e reconhecimento visual. Os lobos parietais, temporais e occipitais estão envolvidos na produção das percepções resultantes daquilo que os nossos órgãos sensoriais detetam no meio exterior e da informação que fornecem sobre a posição e relação com objetos exteriores das diferentes partes do nosso corpo. A zona onde convergem os lobos occipital, temporal e parietal é chamada a área de Wernicke. É esta área que permite compreender o que se ouve e que faculta a possibilidade de organizar as palavras em frases sintaticamente corretas.

A ciência cognitiva reconhece que o cérebro e todas as suas estruturas são a base de todo o processamento de sensações, cognições, sentimentos e movimentos. Este processamento é feito, na maioria dos casos, sem qualquer interferência racional. No entanto, em certas situações, tais como a aceleração do bater do coração, o aumento da humidade nas mãos ou testa, o enrijamento dos músculos, o elevado estado de concentração, as reações do sistema fisiológico são tão evidentes que se fica consciente de que o corpo está a reagir ao que está acontecer. A maneira como estas reações fisiológicas são realizadas é comum em todos os

seres humanos, o que é diferente é a forma como são ativadas. Esta, na maioria dos casos, é dependente do modo como se interpreta cada situação vivida<sup>6</sup>.

A psicologia cognitiva e o desempenho psicológico estudam medidas de comportamento tal como a velocidade e precisão da resposta. A velocidade e precisão da resposta é relevante para a relação entre linguagem e o pensamento. Em contraste, o desempenho psicológico está relacionado com o tempo de reação, porque a velocidade da reação é importante na vida diária, quer no que se refere à produtividade, quer na reação ao perigo durante, por exemplo, o exercício de condução de veículos (Matthews et al., 2000, p. 47).

Alguns ambientes de trabalho impõem maior carga cognitiva do que outros. Os *Call Centers* são bons exemplos de ambientes com alta carga de trabalho cognitiva. Clientes exigentes, interfaces de usuário complexas, o tempo e as pressões de desempenho, todos competem por recursos limitados no cérebro. No curto prazo, os indivíduos que experimentam carga cognitiva elevada cometem erros, têm dificuldade em processar novas informações e podem começar a sentir-se "stressados" ou oprimidos. A sobrecarga cognitiva sustentada ao longo de prazos mais longos (semanas ou meses) pode levar a leve ou grave depressão emocional e ao aumento dos níveis de absentismo.

### 2.8.2 As respostas do cérebro

A resposta da termorregulação ao exercício e ao stresse por calor ocorre sem ação consciente do cérebro, mas isso não significa que o cérebro não tenha conhecimento do que está a ocorrer (Maughan et al., 2007).

A mudança na atividade cerebral com a temperatura já foi observada em seres humanos com base na eletroencefalografia (EEG) (Nielsen, B. & Nybo, L., 2003). Com a utilização deste método é possível observar o funcionamento do cérebro através da sua atividade elétrica. Tradicionalmente, grande parte deste trabalho foi baseada na teoria de excitação/alerta. A excitação/alerta pode ser avaliada através de medição da atividade do sistema nervoso central (EEG) e das medidas do sistema nervoso autónomo, como aumento da condutância da pele e frequência cardíaca. Vários estudos sugerem que existe uma relação curvilínea entre calor e vigilância e que existe para a vigilância uma faixa ótima de temperatura entre 27°-32°C (Matthews et al., 2000, p. 197).

Considera-se que há uma estreita relação entre as reações fisiológicas e emocionais que podem conduzir à fadiga (Matthews et al., 2000, p. 208). De acordo com Ftaiti et al. (2010) o desenvolvimento de fadiga mental é um processo complexo e determinado por uma interação entre fatores psicológicos e fisiológicos. Foi sugerido no seu estudo que trabalho exaustivo no

---

<sup>6</sup> <http://jorge0alvoeiro.no.sapo.pt/pscphys.html> (consultado a 18 -05-2014).

calor induzia a uma mudança na atividade cerebral, em comparação a uma exposição mais longa, mas menos exigente termicamente.

A temperatura cerebral alta pode levar a alterações que afetam a capacidade de atender aos requisitos do exercício. Este efeito pode ser mediado, pelo menos em parte, por alterações no fluxo sanguíneo que ocorrem em resposta a redistribuição do débito cardíaco devido ao stresse da exposição ao calor. É claro que o exercício, juntamente com o stresse térmico, resulta num número significativo de perturbações metabólicas e circulatórias no cérebro (Maughan et al., 2007).

Tham, K. W. & Willem, H. C. (2010) concluíram que a sensação de resfriamento ativa o cérebro, excita o sistema nervoso central e controla a termorregulação e que a ativação do sistema nervoso simpático eleva o estado de alerta ou a excitação mental, um estado mental preferido na realização de tarefas que exigem atenção, resistência e energia. Tham, K. W. & Willem, H. C. (2010) afirmam no seu estudo que, tal como a relação de catecolaminas que são libertadas por ação de stresse, sendo as mais abundantes (a adrenalina, noradrenalina e dopamina), a *Alfa* - amilase salivar pode servir como um indicador das atividades adrenérgicas (por exemplo pela libertação de adrenalina) sob várias exposições térmicas, o que poderia indicar a ativação do sistema nervoso central. Numa abordagem diferente, Gaoua et al. (2011) concluíram que o calor prejudica a memória, sem mudança no processo de atenção. As deficiências encontradas na função cognitiva devido à hipertermia e o efeito benéfico de refrigeração passiva da cabeça, são tarefas dependentes e sugerem que a exposição a ambientes quentes é uma variável importante a considerar para os processos cognitivos. Estes autores chamam a atenção para o facto de que o arrefecimento da cabeça parece ser mais eficiente para as funções cognitivas que envolvem a zona frontal do cérebro.

Sepänem (2006) em estudos realizados para determinar os indicadores de desempenho em escritórios, em atividades como por exemplo, processamento de texto, cálculos simples (adição e multiplicação) e tempo de resposta para os *call centers* concluiu que a temperatura afeta claramente a resposta humana (Seppänen Olli, William J. Fisk & Q.H. Lei 2006).

Tham, K. W. & Willem, H. C. (2010) referem, por sua vez, que o ambiente térmico em situações desconfortáveis, pode afetar o desempenho no trabalho de escritório. Na tentativa de compreender o mecanismo da ligação entre a temperatura do ar e agilidade mental através da percepção e respostas fisiológicas, desenvolveram um estudo nesta área. Neste estudo, três ambientes de escritório foram simulados e sujeitos às temperaturas de 20°C, 23°C e 26°C, e os resultados relacionados tanto com o conforto térmico, como com a sensação térmica mudaram significativamente ao longo do tempo em todas as condições de exposição. A exposição moderada ao frio induz a ativação do sistema nervoso, demonstrado pelo aumento do nível de *Alfa*-amilase. As medidas de desempenho mental no estudo em questão foram obtidas a partir

de vários testes, como por exemplo: a excitação/prontidão, criatividade, concentração e raciocínio.

Tal como a relação temperatura e vigília, mencionada atrás, a relação entre a excitação/estado de alerta e desempenho no trabalho é também comumente descrito seguindo a clássica lei de Yerkes- Dodson que dita que o desempenho no trabalho melhora com a excitação / estado de alerta até um ponto ótimo além do qual o desempenho do trabalho diminui (uma relação curvilínea em U invertido). A associação entre excitação / estado de alerta e desempenho no trabalho também é regido pelo tipo de tarefas em questão. Tarefas / trabalhos que enfatizam a atenção, resistência e energia geralmente exigem uma excitação maior, enquanto aqueles que exigem capacidade de pensamento são melhor realizadas em menor estado de excitação (Tham, K. W. & Willem, H. C., 2010).

Gaoua (2010) postula que é possível que o stresse ambiental pode afetar as capacidades cognitivas em diferentes áreas do cérebro e sugeriu que, no futuro, em vez de classificar as tarefas como "simples" e "complexas", seria aconselhável lidar com a complexidade no interior de cada posto de trabalho.

## **2.9 Controlo de parâmetros na avaliação do desempenho cognitivo**

Muitos foram os estudos de ambiente térmico efetuados ao longo dos últimos oito anos. Na Tabela 10, estão apenas mencionados alguns autores relevantes, onde foi dada particular atenção ao tipo de ambiente onde eram efetuados os ensaios (ambiente controlado, ou não), tipo de ensaios efetuados, tipo de parâmetros fisiológicos a controlar, tipo de tarefas, número de voluntários usados nestas condições.

Sobre o ponto de vista da fisiologia Yao, Lian, Liu, & Shen (2008b), exploraram principalmente o conforto térmico em quatro temperaturas distintas e 60% de HR. A análise estatística dos resultados do estudo mostrou que a temperatura da pele (local e média) e a potência relativa global das diferentes bandas de frequência de EEG, são sensíveis às temperaturas ambiente e às sensações térmicas dos voluntários.

Outros estudos foram realizados para reduzir o stresse por calor como por exemplo Fujii et al. (2008) que propuseram arrefecer a cara e as mãos com água para melhorar o desempenho em termos de equilíbrio, alerta e atenção.

Alguns autores estudaram a resposta fisiológica e subjetiva quando submetidos a diferentes temperaturas verticais, ou seja considerando a temperatura do ar próximo do solo e em diferentes alturas das paredes, no sentido vertical (Hasiguchi et al., 2004); outros autores estudaram a temperatura interna e o seu limite durante a fadiga em humanos (Ely et al., 2009; Ftaiti et al., 2010; Lee et al., 2010; Coso et al., 2011; Armstrong et al., 2010; Racinais, S., Gaoua, N., & Grantham, J., 2008). Lan, L., Lian, Z., & Pan, L. (2010) referem que o desconforto térmico causado pela temperatura alta ou baixa teve influência negativa sobre a

produtividade dos trabalhadores de escritório. Já em 2009, Lan, e os seus colaboradores tinham estudado a produtividade dos trabalhadores de escritório, numa abordagem neurocomportamental, tendo em conta diferentes temperaturas ambiente (Lan, L., Lian, Z., Pan, L., & Ye, Q., 2009).

Tabela 10 - Resumo de estudos que permitiram delinear os ensaios

| Autor   | Condições Ambientais<br>°C HR(%)             | CC | Aclim | Tipo de tarefas | Med Subj     | Q ST | EEG | ECG | T Core | T skin | Nº Vol | CE |
|---|--|----|-------|-----------------|--------------|------|-----|-----|--------|--------|--------|----|
| Adam et al., 2008                             | 2°C e 20°C                                   | -- | S     | Cognit.         | S            | S    | --  | --  | S      | S      | 8      | S  |
| Armstrong et al., 2010                        | 33°C e 40% HR                                | CC | S     | --              | --           | S    | --  | --  | S      | S      | 10     | S  |
| Berka et al., 2007                            | --   | -- | --    | Carg, Trab      | --           | --   | S   | --  | --     | --     | 80     | S  |
| Chem, 2011                                    | 20°, 28° e 32°C                              | -- | --    | --              | --           | --   | --  | --  | --     | --     | 16     | -- |
| Coso et al., 2011                             | 36°C e 25% HR                                | -- | S     | Ati.Fís.        | --           | --   | S   | --  | S      | S      | 28     | S  |
| Ely et al., 2009                              | --   | -- | --    | Ati.Fis.        | --           | --   | --  | --  | S      | S      | 17     | S  |
| Ftaiti et al., 2010                           | --   | -- | --    | Ati.Fis.        | --           | --   | S   | S   | S      | --     | 7      | S  |
| Fujii et al., 2008                            | 35°C e 60%HR                                 | CC | --    | Cognit.         | Q Sub Fadiga | S    | --  | --  | S      | S      | 11     | S  |
| Gaoua et al., 2011                            | 20°C - 49%HR<br>20°C - 50%HR<br>50°C - 50%HR | CC | --    | Cognt           | --           | --   | --  | --  | S      | S      | 16     | S  |
| Hasiguchi, 2004                               | 15°C,21°C,25°C (40%HR)                       | CC | --    | Cogni           | --           | S    | --  | --  | S      | S      | 16     | S  |
| Hedge, A., & Gaygen, D. E. (2010)             | 24°C (40-60%HR),                             | -- | --    | --              | --           | --   | --  | --  | --     | --     | 19     | -- |
| Lee et al., 2010                              | 26,4°C 81%HR                                 | CC | S     | --              | --           | --   | --  | --  | S      | --     | 31     | S  |
| Lan et al., 2009                              | 19°,24°,27°,32°C                             | -- | --    | Cognit.         | S            | --   | --  | --  | --     | --     | 24     | -- |
| Lan et al., 2011                              | --   | -- | --    | Cognit.         | --           | --   | --  | --  | --     | --     | 12     | -- |
| Lan et al., 2010                              | 17°,21°,28°C                                 | -- | S     | Cognit.         | Sim          | S    | S   | S   | --     | --     | 21     | S  |
| Maruff et al., 2006                           | --   | -- | --    | Cognit.         | --           | --   | --  | --  | --     | --     | 8      | -- |
| Nybo & Nielsen, 2001                          | 40°C   | -- | --    | --              | --           | --   | S   | --  | S      | --     | 14     | -- |
| Racinais et al., 2008                         | 50°C 50%HR                                   | CC | S     | Cognit.         | --           | --   | --  | --  | S      | S      | 16     | S  |
| Tanabe et al., 2007                           | 25,5° ;28° e 33°C(50%HR)                     | CC | S     | Cognit          | S            | S    | --  | --  | --     | --     | 40     | -- |
| Tham, K. W. & Willem, H. C., 2010             | 23°-26°C                                     | CC | --    | Alerta Mental   | --           | --   | --  | --  | --     | S      | 96     | -- |
| Tian, Z., Zhu, N., Zheng, G., & Wei, H., 2011 | 37°C 20-40%HR 41°C                           | CC | S     | --              | S            | --   | --  | --  | S      | --     | 11     | -- |
| Tsutsumi et al., 2007                         | 30°C e 70%HR                                 | CC | --    | Cognit.         | --           | --   | --  | --  | --     | --     | 12     | -- |
| Wakabayash et al., 2011                       | 26°C e 80-90%HR                              | CC | --    | --              | --           | --   | --  | --  | S      | S      | 20     | -- |
| Yamasaki, 2003                                | 28°C e 50%HR                                 | -- | S     | --              | --           | --   | --  | --  | S      | S      | 10     | S  |
| Yao, Lian, Liu, & Shen, 2008b                 | 21°C, 24°C, 26°C, 29°C (60%HR)               | CC | S     | --              | --           | S    | S   | S   | --     | S      | 20     | S  |

CC- Câmara Climática; CE – Comissão Ética; S-Sim

Também Tham, K. W. & Willem, H. C. (2010) exploraram este assunto, fazendo a relação com a temperatura do ar e o alerta mental, através da percepção e resposta fisiológica.

Para o efeito Tham, K. W. & Willem, H. C. (2010), simularam um ambiente de escritório onde foi evidente que a temperatura do ar ambiente tem efeitos consideráveis sobre o desempenho do trabalho e que este é mensurável dentro da faixa de configurações

termicamente aceitáveis. Ou seja, num ambiente de escritório real onde a atenção sustentada é crucial, a condição térmica que leva a sensação de arrefecimento para moderada, elevando também o nível de alerta, pode ser imperativa na tarefa que se está a executar. Foi ainda postulado que a temperatura baixa da sala arrefece o corpo e reduz o conforto após longa exposição; a sensação de refrigeração, ativa o cérebro e excita o sistema nervoso controlando a termorregulação; a ativação do sistema nervoso simpático eleva o estado de alerta mental, que é um estado que exige atenção, constância e resistência na realização das tarefas.

Racinais et al., em 2008, apresentaram um estudo sobre os efeitos da hipertermia na função cognitiva e confirmaram perturbações cerebrais por decréscimos significativos nos resultados de testes de memória realizados num ambiente quente (50°C), em comparação com um ambiente de 20°C, que funcionou como controlo, mas não em testes simples (testes de atenção) que não foram afetados pela hipertermia. Tendo ainda sido sugerido que o decréscimo na capacidade de memória foi devido à existência de deficiências da atividade do lobo frontal.

Vários estudos usaram como ferramenta fundamental o eletroencefalograma (EEG) salientando-se vários trabalhos (Yao, Lian, Liu, & Shen, 2008b; Lan 2010; Ftaiti et al., 2010; Coso et al., 2011; Nybo & Nielsen, 2001; Berka et al., 2007). Quanto ao número de voluntários usados em cada um dos estudos, variou entre 7 e 96.

Na Tabela 11 apresentam-se artigos de revisão considerados para esta tese, onde se salienta que o ambiente térmico pode ter impacto negativo no desempenho e que associado a outras variáveis pode modificar essa relação, mas que, apesar disso ainda há muito a investigar sobre este tema.

Tabela 11 - Artigos de revisão e meta análise

| <b>Autor</b>  | <b>Tipo de artigo</b>  | <b>Objetivo</b>  | <b>Resultado</b>  |
|---------------|------------------------|--|---|
| Pilcher, 2002 | Revisão e Meta análise | Apresentar os resultados do efeito de altas e baixas temperaturas no desempenho  | Os resultados indicam que a exposição a uma temperatura alta e baixa tem um impacto negativo no desempenho e que outras variáveis (por exemplo, tempo de exposição a determinada temperatura ou duração da tarefa) podem modificar essa relação.  |
| Gaoua, 2010   | Revisão                | Acrescentar informação a revisões de literatura anteriores, fornecendo uma descrição dos diferentes fatores ambientais e humanos que podem colocar exigências adicionais na limitação da capacidade cognitiva. | Embora conclusões apresentadas anteriormente sejam promissoras, ainda há muito a investigar antes de compreender os mecanismos que podem explicar a relação entre a exposição ao calor e a função cognitiva. Por fim, são apresentadas recomendações para mais investigação nesta área. |

### 2.9.1 A importância do EEG

O EEG (eletroencefalograma) consiste na análise de sinais bioelétricos de baixa amplitude captados com elétrodos localizados no escalpe, como resultado da atividade elétrica do cortex cerebral. O EEG é particularmente adequado para pesquisa em laboratório, onde as variações nas ondas, no sentido de aumentar a sincronização (aumento de ritmos *Alfa* e *Teta*, redução de ondas *Beta*) são interpretadas como indicando estados de cansaço e sonolência. Também pode ser usado com sucesso para controlar atividades sedentárias, como por exemplo, a condução de um veículo (Grandjean, 1979). O EEG é o único sinal fisiológico que tem sido apresentado para refletir com precisão mudanças subtis em atenção, alerta e carga de trabalho que pode ser identificado e quantificado em contínuo (Berka et al., 2007).

Segundo Basar (2012), o EEG consiste na atividade de um conjunto de osciladores que produzem atividade rítmica em diversas faixas de frequência. Esses osciladores são geralmente ativos e surgem numa forma aleatória. No entanto, através da aplicação de estimulação sensorial agem em conjunto numa direção coerente (Basar, 2012). O EEG mede assim as frequências de diferentes ondas que ocorrem no cérebro.

### 2.9.2 Elétrodos

Para medir a atividade cerebral são necessários vários elétrodos. Os elétrodos são sensores que são colocados sobre o escalpe em posição estabelecida de acordo com o Sistema Internacional 10-20, recomendado pela *Federação Internacional das Sociedades de Encefalografia e Neurofisiologia*, conforme Figura 4, onde está demonstrada a colocação em duas posições: visto de perfil (A) e visto de cima (B). Esta colocação é efetuada com base em medidas que constituem de 10% a 20% de duas distâncias fundamentais, garantindo a padronização reprodutibilidade e comparação de estudos ao longo do tempo, tornando assim possível a comunicação de trabalhos científicos através da literatura (Jasper, 1958).

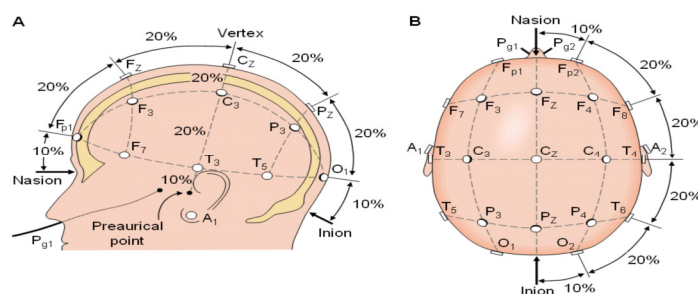


Figura 4 - Colocação dos elétrodos segundo o sistema internacional 10-20.  
Adaptado de (Lei, 2011).



Os valores 10 e 20 referem-se a percentagens de separação entre cada sítio em relação a pontos de referência básicos. Estes são a raiz do nariz (nasion), a protuberância occipital na base de trás do crânio (inion) e os pontos pre-auriculares localizados na raiz do hélix externo da orelha. Os sítios são referenciados por letras O, P, T, C e F, que correspondem a pontos localizados no crânio nomeadamente: O → Occipital, P → Parietal, T → Temporal, C → Central e F → Frontal. Para se poder distinguir o lado direito do lado esquerdo da cabeça, usam-se números ímpares no lado esquerdo do crânio, e pares no lado direito. O “z” refere-se a pontos ao longo do crânio e na zona central (z → zero).

### 2.9.3 Bandas de frequências do sinal EEG

As alterações no desempenho podem ser avaliadas através do EEG, uma vez que se trata de uma das técnicas mais comumente usadas para estudar a atividade do cérebro, sendo os elétrodos colocados no escalpe, para medir os vários tipos de ondas cerebrais (Andreassi, 2000).

A resolução temporal do EEG em milissegundos permite que os cientistas investiguem não apenas as flutuações da atividade elétrica (ou seja, se aumenta/diminui) como uma função da exigência da tarefa ou amostras de indivíduos, mas também a diferenciação funcional entre atividades, sejam elas de excitação ou inibição. A atividade rítmica no córtex é caracterizada pela sua frequência, ou seja, a taxa na qual uma onda se repete dentro de um segundo, por isso é medida em Hertz (ciclos por segundo) Pizzagalli A.D. (2007).

Os principais componentes espectrais do EEG são divididos em “bandas de frequência”, que estão correlacionadas com a medição de diferentes estados mentais. A Tabela 12, mostra as faixas de frequência de um EEG e a sua distribuição por bandas, segundo vários autores. As frequências mais comuns são: delta ( $\delta$ ) entre 0-4Hz, teta ( $\theta$ ), entre 4-7 Hz, *Alfa* ( $\alpha$ ) entre 8-13 Hz e *Beta* ( $\beta$ ) entre 13-20 Hz (Cheng et al., 2007). É possível, no entanto, encontrar valores diferentes entre as frequências (Garcia Uribe Tavares & Tomaz, 2011; Basar 2012, Lei, S., 2011), mas aproximados (Luft, C. & Andrade, A., 2006).

Para Garcia et al. (2011), as bandas tradicionalmente mais usadas são: teta (4-8 Hz); *Alfa* (8 - 13 Hz); *Beta* (13-30 Hz) e Gama (30-70 Hz); outros autores usam intervalos ligeiramente diferentes, como Basar (2012) que identifica como delta: 0,5-3,5 Hz, teta: 3,5-7 Hz, *Alfa*: 8-13 Hz, *Beta*: 18-30 Hz e gama: 30-70 Hz (Basar, 2012).

Tabela 12 - Faixas de frequência ( Hz) de um EEG e sua distribuição por bandas

| Autores             | Delta   | Teta       | <i>Alfa</i> | <i>Beta</i> | Gama  |
|---------------------|---------|------------|-------------|-------------|-------|
| Andreassi, 2000     | 0,5-3,5 | 4-8 ou 4-7 | 8-13        | 14-30       | ----- |
| Basar, 2012         | 0,5-3,5 | 3,5-7      | 8-13        | 18-30       | 30-70 |
| Garcia et al., 2011 | -----   | 4-8        | 8-13        | 13-30       | 30-70 |
| Lei, S., 2011       | 0-4     | 4-8        | 8-12        | 13-30       | >30   |
| Pizzagalli, 2007    | 1-4     | 4-8 ou 4-7 | 8-13        | 13-39       | 36-44 |

Em relação à distribuição das bandas de sinal pelos lobos cerebrais, são as seguintes de acordo com a Tabela 13.

Como regra geral, as baixas frequências (por exemplo delta e teta) mostram grandes amplitudes sincronizadas (Pizzagalli, A.D., 2007) enquanto que altas frequências de EEG (por exemplo beta e gama) mostram baixas amplitudes (Cacioppo et al., 2007).

Tabela 13 - Amplitude de sinal, frequência e lobos cerebrais.

| Onda  | Amplitude (micro Volt)   | Frequência | Mais evidentes nos lobos cerebrais  |
|-------|--------------------------|------------|-------------------------------------|
| Delta | Elevada (20-200 $\mu$ V) | <4 Hz      | Frontal                             |
| Teta  | Baixa (20-100 $\mu$ V)   | 4-7 Hz     | T – Temporal ou parietais temporais |
| Alfa  | Baixa (10-60 $\mu$ V)    | 8-13 Hz    | O1 e O2                             |
| Beta  | Baixa (10-20 $\mu$ V )   | >13 Hz     | Frontal e Parietal                  |
| Gama  | Baixa                    | 40-100 Hz  |                                     |

As ondas podem ser de alta ou baixa amplitude e de alta ou baixa frequência:

- Ondas *Delta* - estas oscilações de baixa frequência estão tipicamente associadas com o sono em seres humanos saudáveis e também com a patologia neurológica. Apresentam larga amplitude, entre 20 a 200 $\mu$ V. O ritmo *Delta* é o ritmo mais lento, tal como demonstra a Figura 5, no traço etiquetado por “Sono profundo”, comparativamente com outras ondas, Andreassi (2000).
- Ondas *Teta* (banda de frequência entre 4-8 Hz, ou 4-7 Hz segundo Andreassi (2000) – estas oscilações tem uma amplitude na ordem dos 20 a 100 $\mu$ V. São visualizadas durante um estado sonolento (Figura 5).
- Ondas *Alfa* (banda de frequência entre 8-13 Hz) – em adultos saudáveis a atividade *Alfa* está tipicamente entre uma amplitude de cerca de 20 a 60  $\mu$ V e podem ser gravadas nos estados de vigília/despertar relaxado, embora sejam comuns grandes diferenças nas amplitudes individuais. O ritmo *Alfa* é caracterizado por sinais com frequência entre 8 e 13 Hz, sendo melhor detetado sobre a região occipital (parte inferior posterior da cabeça). Este ritmo aparece com maior intensidade em indivíduos normais, despertos, em repouso e com os olhos fechados. O formato das ondas são geralmente arredondadas ou curvas. Este tipo de ondas também está ilustrado na Figura 5, pela segunda onda designado por “Relaxado”. O modo de exibição clássico das ondas *Alfa* representa o estado relaxado que é interrompido com qualquer trabalho mental (Andreassi, 2000).
- Ondas *Beta* (banda de frequência entre 13-30Hz) – *Beta* é uma onda irregular e normalmente substitui o ritmo *Alfa* durante a atividade cognitiva. As ondas *Beta* são comuns quando uma pessoa está envolvida com atividade física ou mental, como ilustrado na Figura 5, onde se pode ler “excitado”. O registo das ondas *Beta* pode ser

melhor realizado nas regiões frontal e parietal, apresentando amplitude menores que 30, Andreassi (2000).

- Ondas *Gama* (banda de frequência entre 36-44Hz) - As oscilações *gama* têm sido associadas com a atenção, excitação, reconhecimento de objetos, Andreassi (2000).

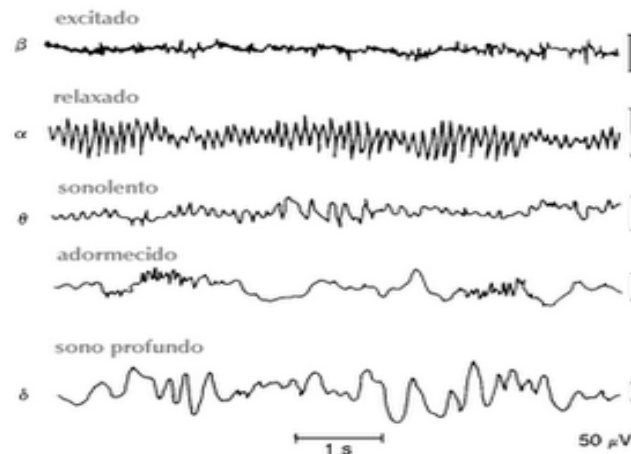


Figura 5 - Ritmos característicos do EEG.  
(Andreassi 2000)

#### 2.9.4 Índices de fadiga

De acordo com Klimesh (1999), as ondas *Alfa* são as frequências dominantes num adulto com oscilação rítmica. Este autor refere que no sentido fisiológico, o “poder EEG” reflete o número de neurónios que descarregam de forma simultânea. No entanto a medida do “poder” é fortemente afetada por diferentes fatores, como por exemplo: idade, alerta e o tipo de resposta cognitiva durante o desempenho da tarefa, entre outros fatores mais técnicos, como a distância entre elétrodos ou o tipo de montagem (Klimesh 1999).

Os índices de fadiga mental, de acordo com a pesquisa, resumem-se aos índices básicos já mencionados no ponto anterior ( $\delta, \theta, \alpha, \beta$ ), aos índices indicados a partir das seguintes fórmulas: poder relativo de  $\theta = (\text{poder de } \theta) / (\text{poder } \theta + \alpha + \beta)$ ; poder relativo de  $\alpha = (\text{poder } \alpha) / (\text{poder } \theta + \alpha + \beta)$  e poder relativo de  $\beta = (\text{poder de } \beta) / (\text{poder de } \theta + \alpha + \beta)$  (Cheng et al., 2007) e aos índices compostos por rácios  $\theta/\alpha$ ;  $\beta/\alpha$ ;  $(\alpha + \theta)/\beta$  (Cheng et al., 2007, Eoh et al., 2005) e  $\alpha/\beta$  (Ftaiti et al., 2010; Ribeiro, 2010, p. 84). Este último índice foi calculado como um índice de vigília, onde o valor elevado do índice refletia diminuição de vigília, que pode refletir estado de fadiga. Além dos índices mencionados, Punsawad, Y., Aempedchr, S., Wongsawat, Y., & Panichkun, M. (2011) acrescentam também  $(\theta + \alpha)/(\alpha + \beta)$ , como fórmula de cálculo do índice para o sistema de alarme de fadiga mental (usado para identificar a fadiga de motoristas). Os vários índices propostos por estes autores:  $(\theta + \alpha)/\beta$ ;  $\alpha/\beta$ ;  $(\theta + \alpha)/(\alpha + \beta)$ , foram testados na simulação de condução de veículos. Os resultados revelaram que estes índices propostos, ponderados da frequência produzem mais precisão na deteção da fadiga do que os índices

convencionais. As ondas *Alfa* ou Teta geralmente refletem diferenças de poder entre dois períodos de descanso, um com os olhos abertos e o outro com os olhos fechados. Estudos na NASA (Trejo, et al., 2005) demonstram a vantagem do EEG para avaliar a fadiga cognitiva. No estudo de Trejo e colaboradores (2005) verificou-se que os poderes *Alfa* e *Teta* variam parametricamente com a fadiga.

Eoh et al. (2005), para analisar as alterações do EEG em indivíduos fatigados, enquanto simulavam uma tarefa de condução, calcularam três índices básicos ( $\theta$ ,  $\alpha$  e  $\beta$ ) e três rácios ( $\theta/\alpha$ ;  $\beta/\alpha$  e  $(\alpha+\theta)/\beta$ ) e concluíram que  $\beta$  e  $(\alpha+\theta)/\beta$ , estavam relacionados com o nível de alerta mental. Também Cheng et al. (2007) usaram os mesmos índices para avaliar a fadiga em tarefas visuais. Na Tabela 14 apresenta-se um resumo dos índices encontrados ao longo da pesquisa.

Tabela 14 - Resumo de alguns índices encontrados na pesquisa

| <b>Autores</b>                     | <b>Índices</b>   | <b>Significado</b>                      |
|------------------------------------|--|---|
| Chen et al., 2013                  | $(\alpha + \theta)/\beta$ ; $\alpha/\beta$ ; $(\alpha + \theta)/(\alpha + \beta)$ and $\theta/\beta$ , | Fadiga                                  |
| Cheng et al., 2007                 | $\theta = (\text{poder } \theta)/(\text{poder } \theta + \alpha + \beta)$ ;                            | Fadiga                                  |
| Cheng et al., 2007                 | $\alpha = (\text{poder } \alpha)/(\text{poder } \theta + \alpha + \beta)$                              | Fadiga                                  |
| Cheng et al., 2007                 | $\beta = (\text{poder } \beta)/(\text{poder } \theta + \alpha + \beta)$                                | Fadiga                                  |
| Eoh et al., 2005                   | $\theta/\alpha$  | Alerta mental                           |
| Eoh et al., 2005                   | $\beta/\alpha$   | Alerta mental                           |
| Eoh et al., 2005                   | $(\alpha + \theta)/\beta$  | Alerta mental                           |
| Eoh et al., 2005                   | $\delta$ , $\theta$ , $\alpha$ , $\beta$   | Básicos                                 |
| Ftaiti et al., 2010; Ribeiro, 2010 | $\alpha/\beta$   | Vigília/Fadiga                          |
| Jap et al., 2009                   | $(\theta + \alpha)/\beta$ ; $\alpha/\beta$ ; $(\theta + \alpha)/(\alpha + \beta)$ ; $\theta/\beta$     | Deteção de fadiga                       |
| Kar, Bhagat, & Routray, 2010       | $(\alpha + \beta)/\delta 1$  | Nível de fadiga                         |
| Lei, et al., 2010                  | $\theta + \alpha/\beta$ ; $\alpha/\beta$ ; $(\theta + \alpha)/(\alpha + \beta)$ ; $\theta/\beta$       | Vigilância                              |
| Punsawad et al., 2011              | $(\theta + \alpha)/(\alpha + \beta)$ ,   | Alarme de fadiga mental para motoristas |

### 2.9.5 Comportamento das ondas *Alfa*

Segundo Basal et al. (1997), um dos maiores quebra-cabeças em eletroencefalografia desde a descoberta dos ritmos *Alfa* por Hans Berger, tem sido a compreensão fisiológica da sua origem, a sua relação com as funções sensoriais e cognitivas do cérebro e as suas interações como um indicador do estado cerebral (Basar E., M. Schürmann, C. Basar-Eroglu, & Karabas, 1997).

As ondas *Alfa* ou teta geralmente refletem diferenças de poder entre dois períodos de descanso, um com os olhos abertos e o outro com os olhos fechados. O termo supressão de ondas *Alfa* também é usado quando um período de repouso (olhos abertos ou fechados) é comparado com um período de teste em que os indivíduos têm de realizar algum tipo de tarefa. Os olhos abertos e a atividade mental inibem o ritmo *Alfa* (Klimesch, W., 1999).

Muitos estudos têm relacionado as componentes espectrais do EEG de vigília, as funções cognitivas, e a capacidade global do cérebro para operar dentro de seus limites habituais.

### **2.9.6 Experiências com EEG desde Hans Berger.**

Pizzagalli (2007) refere que em 1924 Hans Berger, um psiquiatra alemão, realizou o primeiro registo eletroencefalográfico (EEG) em seres humanos (uma descoberta que foi inicialmente recebida com grande ceticismo pela comunidade científica). Ao gravar a partir de um eletrodo colocado sobre a testa e outro sobre o córtex occipital, Berger descobriu a existência de atividade a cerca de 10 Hz, em particular durante a vigília relaxada e na ausência de estimulação sensorial ou atividade mental. Nesta descoberta marcante, Berger descreveu pela primeira vez o que viria a ser conhecido como ondas *Alfa*. Como resultado, Berger foi um dos primeiros a sugerir que as variações do EEG humano podem estar associadas aos processos mentais, incluindo excitação, memória e consciência.

De acordo com Kramer F. A. & Parasuraman, R. (2007), os dados de EEG são analisados no domínio de frequência e implicam a derivação de diferenças no poder da atividade entre diferentes indivíduos ou condições experimentais em faixas de frequência que foram empiricamente relacionadas com psicologia cognitiva, motora ou perceptiva (Kramer F. A. & Parasuraman, R., 2007).

Vários estudos indicam que a atividade *Alfa* do EEG está associada com o desempenho cognitivo e capacidade de aprendizagem. Bazanova & Aftanas (2006) demonstraram que a potência em *Alfa* em repouso aumentou sob condições que estão associadas com maior capacidade de processamento cognitivo ou situações onde os sujeitos tentam aumentar a sua capacidade (Bazanova & Aftanas, 2006).

Klimesch, W. (1999) teve como objetivo demonstrar que oscilações de EEG nas bandas de ondas *Alfa* e *Teta* estão relacionadas com o desempenho cognitivo e com a memória. A faixa de frequência *Alfa* está positivamente relacionada com o desempenho cognitivo e maturidade cerebral, enquanto o oposto é verdadeiro para a faixa de frequência *Teta* (Klimesch, W., 1999).

São possíveis alterações do EEG através da gravação do sinal original, e pela aplicação de análise de espectro do EEG. A análise espectral de um sinal envolve a decomposição do sinal nas suas frequências. Por outras palavras, o sinal original pode ser separado nos seus componentes subspectrais usando um filtro digital. O objetivo da análise da frequência através do EEG, é determinar o espectro do sinal, isto é, a “potência” em cada frequência. Estes valores podem ser calculados através da transformada de Fourier (discreta), que divide o sinal nas suas frequências constituintes. No entanto, alguns sinais, têm representações no domínio da frequência que mudam ao longo do tempo (Newman E., 2008) (Adelson, 2011). As análises de espectro do EEG no estudo de Yao e dos seus colegas (2008 a e b) foram

realizadas por meio de uma transformação de Fourier (*Fast Fourier Transform-FFT*) (Yao, Lian, Liu, & Shen, 2008b).

Mais tarde Bazanova (2012) num artigo de revisão, explora o papel dos registros eletroencefalográficos (EEG) das oscilações *Alfa* nos processos de regulação central e autónoma da performance cognitiva e psicomotora, o que gerou um interesse considerável. Até essa data não havia uma definição precisa do que a atividade *Alfa* é, e quais os índices que a caracterizam. A revisão levada a cabo por esse autor tenta definir os fenómenos da atividade *Alfa* no EEG; a sua natureza física, molecular e morfológica e ainda destacar a diferença nos seus índices relacionados com diferentes frequências *Alfa* individuais bem como o seu papel no funcionamento ideal. Fornece também informações sobre os índices de atividade *Alfa* individuais como: (a) o pico de frequência *Alfa* individual, (b) o módulo de ativação medido através da estimativa do valor de *Alfa* supressão da amplitude em resposta a largura de banda *Alfa* de olhos abertos, e (c) três índices *Alfa* "*autorhythmicity*": variabilidade da amplitude intra eixo, o comprimento do eixo e o declive. Também fornece sugestões sobre como índices de atividade *Alfa* estão conectados com a distribuição espectral individual da frequência *Alfa* e por que essas peculiaridades da atividade *Alfa* individuais são importantes para a eficácia do "*neurofeedback*", Bazanova (2012).

### **2.9.7 O Ambiente Térmico, o EEG, as ondas *Alfa* e a fadiga mental**

A Fadiga mental (FM) já referida, de acordo com Lal, S.K.L & Craig (2001), está relacionada com uma perda de eficiência. Segundo os mesmos autores, o principal sintoma de fadiga mental é um cansaço geral acompanhado por atividade e atenção diminuída. Trata-se de um processo gradual e cumulativo que é inevitável na maior parte das atividades, podendo ser agravado por fatores ambientais externos.

Trabalhadores de diversos setores estão sujeitos a cargas mentais elevadas. Podem referir-se várias realidades no que concerne a diferentes atividades. No caso de uma atividade sedentária, por exemplo, trabalho em escritórios, os sistemas de trabalho têm tido mudanças significativas tendo em conta a evolução da tecnologia computacional. Como a tendência para a constituição de um "escritório sem papel" continua a expandir-se nos locais de trabalho, os funcionários são obrigados a realizar tarefas diferentes, muitas vezes repetitivas, relacionadas com os computadores. Estas mudanças podem ter um impacto substancial, tanto nas questões de trabalho como a nível biomecânico e mesmo psicológico, e podem ainda adicionar stress psicosocial, através de potenciais consequências negativas de elevadas cargas de trabalho empregues, tanto em termos de prazos disponíveis para a realização das tarefas, como para a necessidade de qualidade de desempenho (Griffiths K.L, Mackey M.G., & Adamson, B.J., 2011).

No caso da atividade de motorista, a sonolência é um risco significativo que pode contribuir para o aumento do número de acidentes de viação. A fadiga é um risco ocupacional constante para motoristas e reduz significativamente a eficiência e desempenho quando se persiste em continuar em atividade (Jap, Lal, Fischer, & Bekiaris, 2009), revelando-se um grande problema na segurança rodoviária, uma vez que aumenta a probabilidade de os motoristas adormecerem ao volante e diminui a sua capacidade de manter as capacidades sensório-motoras essenciais como, por exemplo, manter a posição na estrada e a velocidade apropriada do veículo (Lal, S.K.L., & Craig, A., 2005).

A fadiga do condutor tem sido mostrada como responsável por cerca de 20-30% no total dos acidentes de viação (Lal, S.K.L., & Craig, A., 2005) e mais de 40% de acidentes de viação graves (Li, He, Fan, & Fei, 2012). A este respeito, embora vários métodos possam ser usados para avaliar a fadiga do condutor, o sinal eletroencefalográfico é o indicador mais promissor (Lal, S.K.L., & Craig, A., 2001), característico e confiável, porque mede diretamente a atividade do cérebro (Li et al., 2012). Os mesmos autores referem que os dados resultantes do EEG são indicadores efetivos para avaliar a fadiga de condutores, nesse sentido os autores usaram 16 canais do EEG e os resultados foram transformados em três bandas ( $\theta$ ,  $\alpha$  e  $\beta$ ) para avaliar a fadiga de condutores (Li et al., 2012).

A fadiga também pode ser resultante das condições ambientais e nesse sentido, autores como Ftaiti et al. (2010); Yao, Lian, Liu, & Shen (2008b) e Nybo, L., & Nielsen, B. (2001), estudaram as variações na atividade elétrica cerebral sob o efeito de várias condições térmicas durante tarefas repetitivas e encontraram variações, sustentando a hipótese de que o poder *Alfa* e o rácio *Alfa / Beta* poderão ser índices de fadiga válidos.

## **2.10 Alterações do EEG em diferentes ambientes térmicos**

A atividade *Alfa* do EEG está associada ao desempenho cognitivo (Hanslmayr, S., Sauseng, P., Doppelmayr, M., Schabus, M., & Klimesch, W., 2005). Foram efetuados alguns estudos relacionando o poder EEG com o ambiente térmico. Nesse âmbito, Vernacchia A. R. & Hartley, S. V. (1999) salientam que, no calor, o nível de alerta aumenta quando também aumenta a temperatura da pele, o que causa efeitos no desempenho Hartley (1999). Pilcher et al. (2002) referem na sua meta-análise que em contraste com parâmetros neurofisiológicos, a função cognitiva é mais sensível a perturbações ambientais e térmicas, que a resposta fisiológica e pode ser influenciada pelas variações na temperatura da pele ( $T_s$ ) (Pilcher, Nadler, & Busch, 2002).

Lan et al. (2010) estudaram a medição de parâmetros fisiológicos em três participantes num ensaio e verificaram o poder global das quatro bandas de frequência EEG. Concluíram que o poder *Delta* ( $\delta$ ) diminuiu com o aumento da temperatura de 17°C para 28°C, comparando com uma condição neutra, não tendo verificado alterações significativas nas outras três bandas. No

entanto, o poder de *Alfa* ( $\alpha$ ) e *Beta* ( $\beta$ ) aumentaram na temperatura de 17°C e 28°C (Lan, Lian, & Pan, 2010), mas neste estudo não foi conhecida a evolução ao longo do tempo.

Yao, Lian, Liu, & Shen (2008b) investigaram o conforto térmico, principalmente do ponto de vista da fisiologia e indicam que as temperaturas ambientes podem influenciar significativamente o poder do EEG, especialmente para a banda de frequências correspondentes ao poder  $\alpha$ . Foram efetuados ensaios a diferentes temperaturas: 21°C, 24°C, 26°C e 29°C, tendo sido mantido o mais estável possível a humidade a 60%, onde foi comprovado isso mesmo. Foi encontrada também, no mesmo estudo, uma diferença significativa no poder global de EEG, na banda Teta, entre 21°C, 24°C e 29°C; na banda Delta entre 24°C, 26°C e 29°C e na banda *Beta* entre as temperaturas ambientais de 21°C, 24°C e 26°C. No entanto, à temperatura de 26°C o poder global do EEG da banda *Alfa* foi claramente mais alto do que outras bandas de frequência do EEG e o poder global da banda *Alfa* e *Beta* foram iguais a uma temperatura de 24°C. Além disso, os mesmos autores encontraram a banda *Alfa* dominante sob sensações térmicas de “neutras” ou “ligeiramente frias” o mesmo acontecendo, com a banda *Beta*, quando os sujeitos têm sensação térmica de “quente”, “morna” “fresca” ou “fria”. Estes resultados indicaram que o poder EEG da banda *Beta* aumenta quando os sujeitos se sentem termicamente desconfortáveis num ambiente quente ou frio (Yao, Lian, Liu, & Shen, 2008b).

Outros autores (Fatiti et al., 2010) estudaram a hipertermia na atividade elétrica do cérebro, medido também através de eletroencefalografia durante o exercício prolongado num grupo de mulheres sedentárias, com idade média de 23 anos  $\pm$  1, em ambientes neutros e quentes, tendo concluído que o cansaço em ambiente quente está associado a variações no rácio  $\alpha/\beta$ , relacionadas com a combinação entre as exigências da tarefa que estão a executar e com o meio ambiente, comparativamente com uma exposição menos exigente termicamente, (Fatiti et al., 2010). O protocolo consistiu em dois tipos de sessões, uma em ambiente neutro (22  $\pm$  0,4°C e 53  $\pm$  8% de humidade) e outra em condições de ambiente quente (35°C  $\pm$  0,3°C e humidade de 59  $\pm$  6%), com um período de uma semana de intervalo entre as duas sessões.

Rasmussen (2004) considera que a hipertermia induzida pelo exercício está associada, entre outros fatores, com uma diminuição progressiva do sinal de eletroencefalograma (EEG). Os ensaios foram efetuados com 6 indivíduos do sexo masculino com uma média de idade de 28  $\pm$  0,5 anos. Os ensaios foram registados em duas situações distintas numa câmara climática a 20°C e 40°C e com uma humidade de 20-25% numa bicicleta ergométrica a 67% de  $VO_{2,max}$ . Não houve diferença no registo de EEG entre ensaios e descanso. Durante ambos os ensaios a análise do espectro foi calculado a partir do sinal EEG usando transformadas de Fourier. O índice correspondente às áreas da amplitude do espectro, foram quantificados como  $A_\alpha/A_\beta$  tendo aumentado do início do exercício e ao longo dos ensaios. No entanto, o índice  $A_\alpha/A_\beta$  aumentou menos após 50 min durante o ensaio “normotérmica” (20°C) comparada com após 55 min no ensaio “hipertérmica” (40°C). A mudança no índice de EEG foi



principalmente devido a uma diminuição gradual da atividade banda *Beta*, e, secundariamente, um pequeno aumento na atividade banda *Alfa* (Rasmussen, Stie, Nybo, & Nielsen, 2004).

Nybo, L., & Nielsen, B. (2001), testaram a hipótese que a fadiga, durante hiptermia em exercício prolongado, estaria em parte relacionada com alterações na atividade do córtex frontal do cérebro. A atividade eletroencefalográfica foi medida neste estudo, em sete ciclistas em ambiente quente (42°C) e ambiente frio (19°C). Foi calculado o rácio  $\alpha/\beta$  como um índice do nível de alerta, pois uma elevada relação  $\alpha/\beta$  reflete fadiga. Neste estudo, tiveram como resultado que, em ambiente quente, os voluntários fatigados apresentaram todos uma temperatura interna de  $39,8^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , e um índice  $\alpha/\beta$  significativamente elevado. Por outro lado, em ambientes frios, a temperatura interna num período similar foi inferior a  $38^{\circ}\text{C}$  e a relação  $\alpha/\beta$  não foi significativamente elevada.

González-Alonso et al. (1999) concluíram que a fadiga durante o exercício, no calor, estava relacionada com elevada temperatura interna do corpo. Apesar das diferentes temperaturas iniciais, todos os sujeitos analisados ficaram fatigados a um nível idêntico de hiptermia ( $T_{\text{es}} = 40,1^{\circ}\text{C} - 40,2^{\circ}\text{C}$ , temperatura do músculo =  $40,7^{\circ}\text{C} - 40,9^{\circ}\text{C}$ , a temperatura da pele =  $37,0^{\circ}\text{C} - 37,2^{\circ}\text{C}$ ) e pressão cardiovascular (frequência cardíaca = 196 - 198 batimentos / min, débito cardíaco = 19,9-20,8 l / min).

No que se refere a ambientes frios, foi investigado por Hartley, M.D & McCabe, J. (2001) se os ambientes frios afetariam o processamento de informação humana. Para o efeito, foi efetuado um ensaio com vinte sujeitos onde foi medida a temperatura interna corporal no tímpano, e foi aplicada uma bateria de avaliação de desempenho, assim como também medida a temperatura ambiente. Os resultados indicaram que, de facto, algumas etapas do processamento de informação foram prejudicados quando baixava a temperatura corporal interna.

Na Tabela 15 apresentam-se as alterações das ondas cerebrais associadas à fadiga de acordo com uma revisão (Craig et al., 2012) onde, nestes casos, não é referida a condição ambiental.

Na realidade, existem muitos estudos sobre a função cognitiva em ambientes quentes mas ainda não são completamente claras as suas conclusões. Gaoua (2010) partilhando da mesma opinião, apresentou uma revisão sobre os efeitos da função cognitiva em ambientes quentes. Este autor considerou que existiam discrepâncias na metodologia ao longo dos diferentes estudos o que dificultava a conclusão.

Os fatores de discrepância passariam por: severidade do tempo de exposição; metodologia usada para atingir a hiptermia; complexidade e duração da tarefa cognitiva e o nível de capacidade dos participantes; aclimação. Apesar de a aclimação melhorar a resposta fisiológica ao stresse por calor, poucos estudos avaliam a função cognitiva especificando o estado de aclimação dos participantes (Gaoua, 2010).

Na Tabela 16 apresenta-se o ponto de vista de alguns autores onde se pode verificar as temperaturas máximas e mínimas usadas nos ensaios, sendo que alguns autores apenas referem ambiente quente não especificando a temperatura, nesses casos estão assinalados com um asterisco (\*).

Verifica-se também que alguns autores dão resposta em relação à atividade *Alfa*, outros tiram conclusões com as outras bandas de frequência e que um autor especificamente refere que elevada relação  $\alpha/\beta$  reflete fadiga.

Tabela 15 - Alterações no EEG de um estado alerta para um estado cansado

| Referência / estudo                        | Nº de participantes | Alfa    | Beta                        | Nº de elétrodos utilizados |
|--|---------------------|---------|-----------------------------|----------------------------|
| Akerstedt et al., 1991                     | 25                  | Aumenta | Impacto não reportado       | 1                          |
| Caldwellet et al., 2002                    | 10                  | Diminui | Alteração não significativa | 6                          |
| Cajochen et al., 1995                      | 9                   | Aumenta | Impacto não reportado       | 2                          |
| Cajochen et al., 1996                      | 8                   | Aumenta | Impacto não reportado       | 2                          |
| Campagne et al., 2004                      | 46                  | Aumenta | Impacto não reportado       | 4                          |
| Dumont et al., 1997                        | 9                   | Aumenta | Impacto não reportado       | 1                          |
| Eoh et al., 2005                           | 8                   | Aumenta | Diminiu                     | 8                          |
| Keakhund & Akersted et al., 1993           | 18                  | Aumenta | Impacto não reportado       | 1                          |
| Lal, S.K.L., & Craig, A., 2002             | 35                  | Aumenta | Aumenta                     | 19                         |
| Macchi et al., 2002                        | 8                   | Aumenta | Impacto não reportado       | 8                          |
| Pal et al., 2008                           | 13                  | Aumenta | Impacto não reportado       | 1                          |
| Papadelis et al., 2006                     | 20                  | Aumenta | Impacto não reportado       | 16                         |
| Schier, 2000                               | 2                   | Aumenta | Impacto não reportado       | 4                          |
| Strijkstrec et al., 2003                   | 10                  | Diminui | Impacto não reportado       | 28                         |
| Tanaka, H., Hayashi, M., & Hori, T. (1997) | 10                  | Aumenta | Aumenta                     | 12                         |
| Torvall & Aket, 1987                       | 11                  | Aumenta | Impacto não reportado       | 1                          |
| Trejo et al., 2005                         | 16                  | Aumenta | Impacto não reportado       | 30                         |

Fonte: adaptado e citado por (Craig et al., 2012)

*Por fim e em jeito de síntese, neste capítulo caracterizam-se os três ambientes térmicos: quente, neutro e frio, dando exemplos de atividades influenciadas por cada um deles. Salienta-se a importância do ambiente térmico nas condições de trabalho e na saúde ocupacional, na produtividade, assim como nos aspetos cognitivos de uma atividade sedentária, quais os aspetos fisiológicos importantes e as limitações decorrentes de condições ambientais extremas, pois exposições combinadas a temperaturas e humidades extremas podem ter impacto direto nos trabalhadores. Verificou-se através da pesquisa que as reações fisiológicas como a sudorese e a vasodilatação melhoram a dissipação do calor, no entanto quando isto não acontece, podem ocorrer doenças, sendo que todas estas situações podem reduzir a capacidade de desempenho e a produtividade. Refere-se que apesar de múltiplas variáveis poderem desempenhar um papel importante no aumento do comportamento de risco, uma diminuição da função cognitiva pode ser uma das variáveis básicas. Daí a importância de neste estudo se aprofundar esse tema, estudando a influência do ambiente térmico na atividade cerebral. Assim este capítulo foi fundamental para dar uma ideia global do tema, apontar pistas para estruturar o trabalho e fornecer bases para delinear os ensaios.*

*Este capítulo chama ainda a atenção para os problemas práticos e questões que precisam de ser abordadas como, por exemplo: parâmetros a selecionar, tipo de protocolo, número de voluntários para os ensaios, utilização ou não de ambiente controlado, assim como também o tipo de equipamento necessário para a realização do estudo. Por fim, este levantamento permitiu um melhor encaminhamento e definição da estrutura da tese, assim como construir o protocolo de investigação.*



Tabela 16 - Ponto de vista de alguns autores sobre EEG e ambiente térmico

| Autor/ano                     | Amostra | Temperatura |          | EEG      |          |          |         | Desemp. cognitivo | Fadiga | EEG | Ts | Tc | Observações   |
|-------------------------------|---------|-------------|----------|----------|----------|----------|---------|-------------------|--------|-----|----|----|---|
|                               |         | Máx (°C)    | Mín (°C) | $\delta$ | $\theta$ | $\alpha$ | $\beta$ |                   |        |     |    |    |   |
| Hanslmayr et al., 2005        |         |             |          |          |          | X        |         | X                 |        |     |    |    | Atividade <i>Alfa</i> está associada ao desempenho cognitivo  |
| Vernacchia, & Hartley, 1999   |         | *           |          |          |          |          |         | X                 |        |     | X  |    | No calor, o nível de alerta aumenta quando também aumenta a temperatura da pele, o que causa efeitos no desempenho  |
| Pilcher et al., 2002          |         | *           |          |          |          |          |         | X                 |        |     | X  |    | Em contraste com parâmetros neurofisiológicos a função cognitiva é mais sensível a perturbações ambientais e térmicas, que a resposta fisiológica e pode ser influenciada pela variações na temperatura da pele (Ts)  |
| Yao, Lian, Liu, & Shen, 2008b |         | 26 e 29     | 21 e 24  |          | X        | X        | X       |                   |        | X   | X  |    | Os resultados indicam que a temperatura ambiente pode influenciar a proporção do poder da banda de EEG no cérebro humano. Especialmente para a percentagem do poder da banda <i>Alfa</i> ( $\alpha$ ) de EEG, as diferenças entre as diferentes temperaturas ambientes de 21°C, 24°C, 26°C e 29°C são importantes com uma diferença significativa. Também existe uma diferença significativa em relação às outras faixas de bandas de EEG, no poder ( $\theta$ ) teta entre 21°C, 24°C e 29°C, no poder delta entre 24°C, 26°C e 29°C, e no poder <i>Beta</i> ( $\beta$ ) na temperatura ambiente 21°C, 24°C e 26°C |
| Lan et.al., 2010              | 3       | 28          | 17       | X        |          | X        | X       |                   |        | X   |    |    | Poder delta diminuiu com o aumento de uma temperatura de 17°C para 28°C.<br>A banda <i>Alfa</i> e <i>Beta</i> aumentaram na temperatura de 17°C e 28°C  |
| Ftaiti et al., 2010           |         | 35          | 22       |          |          | X        | X       |                   |        | X   |    |    | O protocolo consistiu em dois tipos de sessões, uma em ambiente neutro (22 $\pm$ 0,4°C e 53 $\pm$ 8% de humidade) e outra em condições de ambiente quente (35°C $\pm$ 0,3°C e humidade de 59 $\pm$ 6%).<br>Foi concluído por estes autores que um trabalho exaustivo no calor induziu uma mudança superior na atividade cerebral (proporção $\alpha/\beta$ ) em comparação com o mesmo tipo de tarefa numa condição de ambiente térmico neutro  |
| Rasmussen et al., 2004        | 6       | 40          | 20       |          |          |          |         |                   |        | X   |    |    | Os ensaios foram registados em duas situações distintas numa câmara climática a 20°C e 40°C e com uma humidade de 20-25%.<br>Foi concluído que a hipertermia induzida pelo exercício está associada com uma diminuição progressiva do sinal de EEG (eletroencefalograma).   |
| Nybo, L., & Nielsen, B., 2001 | 7       | 42          | 19       |          |          | X        | X       |                   | X      | X   |    | X  | Foi calculado o rácio $\alpha/\beta$ como um índice do nível de alerta, pois uma elevada relação $\alpha/\beta$ reflete fadiga. Neste estudo, tiveram como resultado que, em ambiente quente, os voluntários fatigados apresentaram todos uma temperatura interna de 39,8°C $\pm$ 1°C, e um índice $\alpha/\beta$ significativamente elevado. Por outro lado, em ambientes frios, a temperatura interna num período similar foi inferior a 38°C e a relação $\alpha/\beta$ não foi  |

| Autor/ano                       | Amostra | Temperatura |          | EEG      |          |          |         | Desemp. cognitivo | Fadiga | EEG | Ts | Tc | Observações   |
|---------------------------------|---------|-------------|----------|----------|----------|----------|---------|-------------------|--------|-----|----|----|---|
|                                 |         | Máx (°C)    | Mín (°C) | $\delta$ | $\theta$ | $\alpha$ | $\beta$ |                   |        |     |    |    |   |
|                                 |         |             |          |          |          |          |         |                   |        |     |    |    | significativamente elevada.   |
| Gonzalez et al., 1999           |         | *           |          |          |          |          |         |                   |        |     |    | X  | Concluíram que a fadiga durante o exercício, no calor, estava relacionada com a elevada temperatura interna do corpo. Apesar de diferentes temperaturas iniciais, todos os sujeitos analisados ficaram fatigados a um nível idêntico de hipertermia ( $T_{es} = 40,1 - 40,2^{\circ}\text{C}$ , temperatura do músculo = $40,7 - 40,9^{\circ}\text{C}$ , a temperatura da pele = $37,0 - 37,2^{\circ}\text{C}$ ) e pressão cardiovascular (frequência cardíaca = $196 - 198$ batimentos / min, débito cardíaco = $19,9-20,8$ l / min). |
| Hartley, M.D & McCabe, J., 2001 | 20      |             | *        |          |          |          |         | X                 |        |     |    | X  | Foi investigado por Hartley (2001) se os ambientes frios afetariam o processamento de informação humana. Os resultados indicaram que, de facto, algumas etapas do processamento de informação foram prejudicados quando baixava a temperatura corporal interna.   |

# **PARTE II**

## **OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS**





### 3 OBJETIVOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Pretende-se neste ponto apresentar as linhas de orientação para o desenvolvimento do trabalho, assim como as questões éticas dele decorrentes e a sua adequada avaliação pela CEUP (Comissão de Ética da Universidade do Porto) e posterior aprovação.

Descrevem-se aqui:

- Os objetivos gerais e específicos do trabalho para responder à questão levantada que serão objeto de análise no final da tese;
- Os materiais e equipamentos de medição utilizados;
- As técnicas e os métodos de utilização de cada equipamento;
- Os passos de aferição metodológica seguidos para a elaboração do protocolo da série Final de Ensaio, os quais consistiram em ensaios de dois tipos designados por: (1) Repetibilidade / Reprodutibilidade e (2) Aclimação.

Após a definição dos objetivos, foi testado cada equipamento para avaliar o respetivo desempenho assim como detetar e corrigir atempadamente eventuais problemas.

Faz-se a explicação completa dos testes através dos procedimentos e protocolos que permitiram refinar a metodologia de modo a garantir a qualidade científica dos dados.

É explanada a realização dos testes piloto preliminares, os quais serviram como orientação do estudo desenvolvido. São ainda apresentados os resultados, discussão e respetivas conclusões dos referidos testes piloto.

#### 3.1 Objetivos

A expectativa de assegurar as condições de trabalho adequadas e a prevenção de acidentes e doenças profissionais, foi e continua a ser um desafio. Trabalhadores em diversos setores estão sujeitos, de uma forma ou outra, a ambientes externos diferentes que promovem o desenvolvimento de fadiga com implicações diretas não só ao nível da segurança e saúde ocupacionais como também da produtividade (Costa et al., 2012a).

Após efetuada uma pesquisa transversal mais ampla sobre ambiente térmico numa perspetiva holística, onde se pretendeu abranger os três pilares da sustentabilidade: social, no âmbito da melhoria das condições de trabalho; económico, na produtividade e ambiental, no sentido do bem-estar global dos cidadãos, e partindo da questão de investigação levantada (em que medida e em que sentido o ambiente térmico influencia a amplitude do sinal EEG, nomeadamente as ondas Alfa e Beta?), foi determinado como sendo de grande interesse o estudo da fadiga mental, potencialmente traduzida na amplitude do sinal EEG, em atividades sedentárias. Atividades essas que laboram predominantemente com esforço mental.

### **3.1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste estudo consiste em:

- Avaliar a atividade cerebral a partir da amplitude do sinal EEG, relacionando-a com diferentes condições de temperatura e humidade em tarefas sedentárias.

### **3.1.2 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos da tese pretende-se:

- Validar a metodologia de ensaio;
- Interpretar os resultados, articulando-os com o conhecimento existente disponível na literatura da área.

## **3.2 Materiais e equipamentos**

Neste capítulo são apresentados todos os equipamentos e materiais necessários para o presente trabalho. Tratou-se de um estudo de carácter fortemente experimental que culminou com a realização de um conjunto de Ensaiois Finais. Estes ensaios visaram reproduzir em laboratório as condições ambientais às quais pode estar sujeita qualquer pessoa no seu ambiente de trabalho ou ambiente de lazer. Para a realização dos ensaios foram necessários diferentes equipamentos, alguns deles mais elementares e outros equipamentos com grau de sofisticação elevado. A Tabela 17 refere a designação dos diferentes equipamentos, utilizados no desenvolvimento deste trabalho e a Tabela 18 o tipo de instrumentos de recolha de dados.

Todos os ensaios foram realizados na FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, no Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais (PROA) no 4º piso do Departamento de Engenharia de Minas, na unidade de investigação CIGAR - Centro de Investigação em Geo-Ambiente e Recursos. O projeto envolveu diferentes recursos materiais e humanos.

No final foram seleccionados para incluir no protocolo final uma câmara climática, um equipamento de EEG e sensores de temperatura da pele. Estes equipamentos foram considerados suficientes sob o ponto de vista de recolha de dados e de conforto dos voluntários.

Os ensaios foram realizados na câmara climática já referida, em diferentes condições de temperatura e humidade e foi analisada a amplitude do sinal EEG (ondas *Alfa* e *Beta*) tendo em conta o esforço exigido a diversos indivíduos perante diferentes condições de temperatura e humidade ao longo de 1 hora, durante uma atividade sedentária simulada.

Tabela 17 - Equipamento utilizado

| Designação                | Tipo de recolha   | Equipamento                 |
|---------------------------|---|-----------------------------|
| Câmara Climática          | Simulação de condições ambientais   | <i>FITOCLIMA 25000 EC20</i> |
| Sensores para a pele      | Temperatura da Pele   | bioPLUXresearch             |
| Sensores termo ingeríveis | Temperatura Interna   | Jonah da VitalSense         |
| EEG                       | Registo da atividade cerebral   | EMOTIV SDK                  |
| Balança de precisão       | Permite pesar cada voluntário antes e após o ensaio para determinação da perda de peso corporal | Balança 039-SA700.102.      |
| Computador                | Equipamento de suporte para a realização dos testes cognitivos                                  |                             |

Tabela 18 - Instrumentos de Recolha de Dados

| Designação        | Tipo de recolha  |
|-------------------|--|
| Questionários     | Questionário de avaliação de conforto / desconforto segundo a norma (ISO10552/1995)  |
| Ficha individual  | Ficha individual onde serão registados todos os parâmetros individuais e fisiológicos e ambientais para cada ensaio.                       |
| Bateria de Testes | SRT - Tempo de Reação Simples<br>DSpan - Dígitos<br>Satest - Prova de Alerta Situacional<br>GoNoGo -Tarefa clássica contínua de desempenho |

### 3.2.1 Câmara climática

A Câmara Climática é um equipamento que possibilita desenvolver trabalhos de investigação destinados à melhoria das condições de trabalho pelos efeitos do ambiente térmico. O projeto da câmara climática designada por “*FITOCLIMA 25000 EC20*” (Figura 6) foi elaborado especificamente para o fim a que se destina e em conformidade com as normas e diretivas da CE, respeitantes às exigências da saúde e da segurança. A sua construção iniciou-se um ano antes do início desta tese, ou seja em 2009, com a motivação principal de dispor de um equipamento capaz de simular a exposição a ambientes térmicos característicos de diversos ambientes de trabalho no que se refere a diferenças de temperatura e humidade, abrangendo todos os tipos de ambientes térmicos frio, neutro e quente. Esta câmara destina-se ao controlo preciso das condições ambientais, nomeadamente, temperatura e humidade relativa. A sua capacidade útil é de aproximadamente 27000 litros.

A câmara dispõe de uma porta e três janelas, as paredes são todas brancas, o chão é cinza, o bloqueio interior da porta é verde (de modo a ser facilmente visto), a porta pode ser sempre aberta a partir do interior. Esta é uma característica importante, pois permite que os voluntários da pesquisa possam sair do ensaio sempre que necessitarem e, ainda mais importante, assegura que ninguém pode ser fechado. As janelas são muito importantes porque permitem que os investigadores possam ver exatamente o que está a acontecer do lado de dentro da câmara durante todo o período dos ensaios, e permitem também que os voluntários

possam olhar para o exterior (sempre que sentirem necessidade), reduzindo assim a sua ansiedade e aumentando a confiança na realização dos ensaios.

A câmara também está equipada com sensores de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> que acionam um alarme quando os limites de segurança definidos legalmente são ultrapassados.

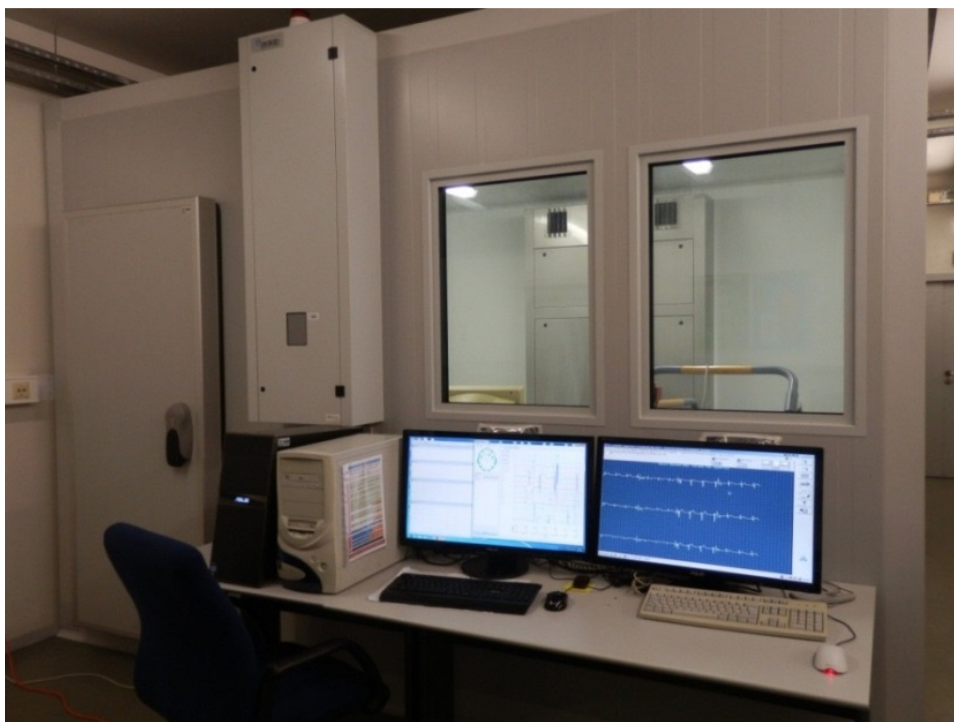


Figura 6 - Câmara Climática

As dimensões da Câmara são as mencionadas na Tabela 19, assim como as principais características técnicas na Tabela 20.

Tabela 19 - Dimensões da Câmara climática

|                 | <b>Largura</b> | <b>Altura</b> | <b>Profundidade</b> |
|-----------------|----------------|---------------|---------------------|
| <b>Interior</b> | 3600 mm        | 2400 mm       | 3200 mm             |
| <b>Exterior</b> | 3810 mm        | 2650 mm       | 3610 mm             |

Tabela 20 - Características Técnicas

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Parâmetros controláveis | Temperatura, Humidade   |
| Gama de temperatura (*) | -20°C a 50°C (+/-)0,5°C   |
| Sensor de temperatura   | Pt 100 80/60x4mm-Electrotherm e/ou Tipo Capacitivo Rotronic XB 32 |
| Gama de humidade        | 30% HR a 98% HR (+/-) 2% HR                                       |

### 3.2.2 Medição da temperatura da pele

Para o trabalho em causa foram utilizados dois monitores *bioPLUXresearch* (Figura 7).



Figura 7 - Explicação detalhada do monitor bioPLUX

A aquisição dos dados dos dispositivos *bioPLUX* foi efetuada em tempo-real via Bluetooth. Com os dois dispositivos sincronizados foi possível fazer a aquisição de até 16 sinais.

A informação enviada via Bluetooth, está num formato codificado, que posteriormente é convertido por tratamento matemático.

Os sensores de temperatura *bioPLUXresearch NTC* (Figura 8) permitem a leitura de temperatura em modo contínuo ou intermitente e podem ser usados numa gama de temperaturas entre 0°C e 50°C. As características gerais destes sensores podem ser observadas no Anexo 16.

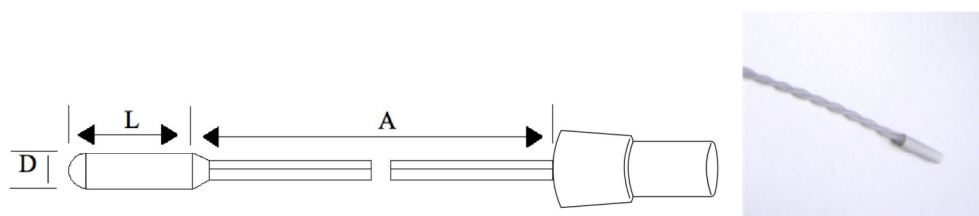


Figura 8 - Esquema e imagem do modelo do sensor de temperatura da pele.  
Adaptado de (TDS tempPlux Temperartute Sensor\_ NTC Thermistor)

De acordo com a informação do fornecedor do equipamento e tal como descrito na Tabela 2 do no Anexo 16, os sensores de temperatura não têm necessidade de serem calibrados. Eles

têm uma tolerância. ( $0^\circ$  a  $20^\circ = \pm 0,15^\circ$ ), ( $20^\circ$  a  $35^\circ = \pm 0,15^\circ$ ), ( $35^\circ$  a  $39^\circ = \pm 0,05^\circ$ ), ( $39^\circ$  a  $42^\circ = \pm 0,075^\circ$ ), ( $42^\circ$  a  $45^\circ = \pm 0,1^\circ$ ), ( $45^\circ$  a  $50^\circ = \pm 0,15^\circ$ ).

### Cálculo dos valores de temperatura a partir de valores bioPlux digital

O comportamento da resistência do termistor como uma função da temperatura depende essencialmente do processo de fabrico. Os fornecedores do equipamento disponibilizaram curvas e tabelas de resistência em função da temperatura (Anexo16) mas a curva de resposta de qualquer termistor pode ser aproximada para a equação de Steinhart – Hart (Equação1).

$$T(^{\circ}K) = \frac{1}{a_0 + a_1 \ln(R_{NTC}) + a_2 [\ln(R_{NTC})]^3} \quad (1)$$

Esta equação requer três coeficientes que estão intrinsecamente relacionados com o tipo de NTC usados na aplicação em causa e que constam na Tabela 21. Em que  $a_0$ ,  $a_1$  e  $a_2$ , são coeficientes que variam na equação de acordo com o tipo de termístores utilizados no ensaio.

No estudo em causa utilizaram-se as constantes  $a_0$ ,  $a_1$  e  $a_2$ , correspondem aos termístores de resistência 2.252k $\Omega$  (Tabela 21).

Tabela 21 - Parâmetros para a equação Steinhart-Hart

| $R_{NTC}$ a $25^\circ C$ | $a_0$                | $a_1$                | $a_2$                |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2.252k $\Omega$          | $1,46986244.10^{-3}$ | $2,37806986.10^{-4}$ | $1,05172464.10^{-7}$ |
| 10k $\Omega$             | $1,12764514.10^{-3}$ | $2,34282709.10^{-4}$ | $8,77303013.10^{-8}$ |

Fonte: Informação técnica tempPlux Temperature Sensor rev3 de 27/04/2010)

Recorrendo a Microsoft Visual Basic for Applications (VBA), foi criado um algoritmo para facilitar o cálculo dos valores de temperatura (Anexo 14).

O processo de conversão começa com a aquisição da temperatura com os sensores de temperatura NTC e o bioPlux monitor. Quando termina a sessão de aquisição, os dados são guardados com o *Monitor Plux* num arquivo de texto (txt). Estes valores são convertidos em bruto e a equação é aplicada, utilizando os respetivos coeficientes. O valor de  $R_{NTC}$  presente na equação (1) é calculado usando as equações (2) e (3), sendo  $D_{out}$  os valores adquiridos e salvos num arquivo de texto.

$$V_{out} = \frac{D_{out} * 5}{4096} \quad (2)$$

$$R_{NTC} = \frac{10^4 * V_{out}}{5 - V_{out}} \quad (3)$$

A equação devolve o valor da temperatura em K. Para obter o valor equivalente em graus Celsius, deve ser subtraído o valor 273.15 ao valor original. No Anexo 16 apresenta-se um exemplo do código de conversão de temperatura.

### 3.2.3 Medição da temperatura interna

Para medir a temperatura interna foi usado o *EQO2 Life Monitor* da *Equivital*, previamente estudado e selecionado (Costa et al., 2012c). Este equipamento é usado conjuntamente com um sensor ingerível de temperatura (Jonah, da *VitalSense* - Figura 9). Trata-se de um dispositivo médico com a forma de uma cápsula do tamanho de um comprimido, cuja funcionalidade consiste na monitorização ambulatória da temperatura interna do corpo.

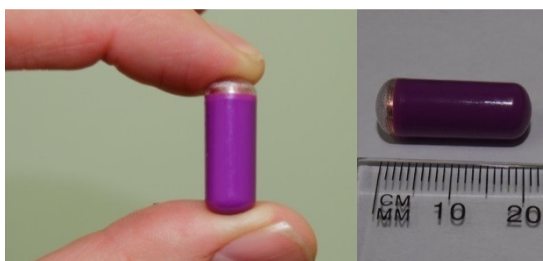


Figura 9 - Cápsula ingerível Jonah da VitalSense

Fonte: <http://www.bmedical.com.au/shop/fatigue-heat-stress/equivital-system.htm> (2013.07.28 16:09)

As características da cápsula estão mencionadas no Anexo 17. Após ingestão, a cápsula viaja ao longo do aparelho digestivo. Uma vez que é necessário algum tempo para que a cápsula se desloque até ao intestino, aconselha-se a sua ingestão entre 12 a 18 horas antes do início das medições. O tempo de permanência no organismo varia de acordo com os indivíduos, sendo determinado por vários fatores (estado emocional, hora do dia, alimentos ingeridos, entre outros), saindo naturalmente após 24 a 72 horas (Ribeiro, 2010, p. 34).

Na Figura 10 a), b) e c) apresenta-se o trajeto geral da cápsula no interior do corpo humano, assim como uma radiografia com a posição das cápsulas no estômago e no intestino após um determinado tempo de ingestão respetivamente 0,7 h e 6,7 h (Yamasue et al., 2012).

A cápsula é ingerida com água e começa a transmitir sinal, de 15 em 15 segundos, um minuto após ser ativada. Esta ativação é efetuada com um monitor externo *Hidalgo*, *Equivital* (Figura 11).

A Figura 12 representa a ativação da cápsula.

Para armazenar os dados recolhidos é necessário utilizar o equipamento associado, trata-se do *EQO2 Life Monitor* (Figura 13). Este dispositivo armazena, para além do sinal da temperatura interna recebido da cápsula, dados referentes a diferentes parâmetros fisiológicos, como a frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura da pele, aceleração triaxial e também a posição e movimento corporal através de sensores de posição acoplados.

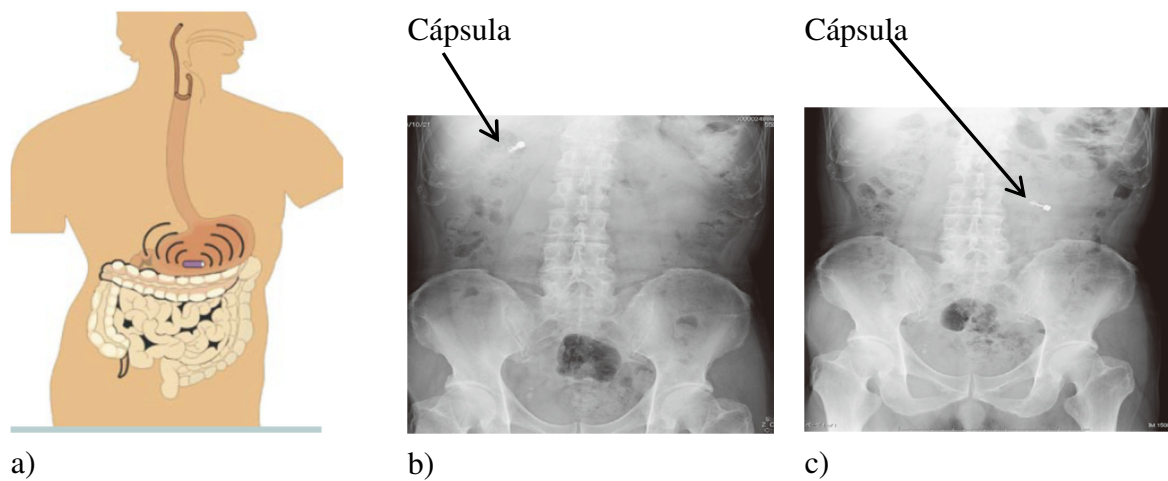


Figura 10 - a) Trajeto geral, b) Posição da cápsula após 0,7horas, c) Após 6,7 horas (Yamasue et al., 2012)



Figura 11 - Ativador de cápsula Hidalgo, Equivital (Fonte: TDS Equivital)



Figura 12 - Ativação da cápsula Hidalgo, Equivital.





Figura 13 - EQO2 Life Monitor, Equivital (Fonte TDS Equivital)

O *EQO2 Life Monitor* é colocado num colete específico da *Equivital* (Figuras 14, 15 e 16). Este colete deve ser colocado e ajustado ao corpo tal como é demonstrado no modelo da Figura 16 para evitar erros que possam surgir na monitorização.



Figura 14 - Colete para medir temperatura interna



Figura 15 - Colocação do monitor EQO2 no colete

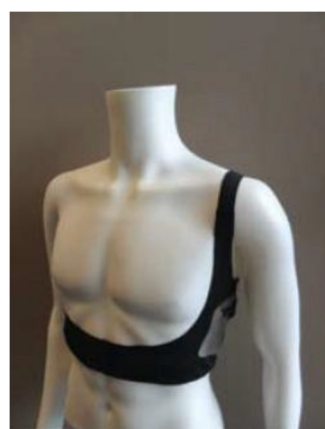


Figura 16 - Colete colocado no manequim

Os dados são recolhidos em tempo real com ajuda de um dispositivo Bluetooth e com software adequado para o efeito *eqView*, da *Equivital*. No *eqView* é possível ver em simultâneo dados relativos a um ou mais indivíduos que estejam a ser monitorizados.

### 3.2.4 EEG - Eletroencefalograma

Um EEG, é um meio de registo da atividade cerebral não intrusivo (Adelson, 2011). Durante duas décadas o EEG baseado na Interface de sistemas *Brain-Computer Interface (BCI)* tem sido amplamente estudado em laboratórios de pesquisa (Duvina et al., 2013) sendo validado para medir respostas do cérebro em crianças e adultos (Badcock et al., 2013). As formas de ondas resultantes do registo, popularmente conhecidas por ondas cerebrais, podem ser usadas para diagnosticar algumas doenças como a epilepsia e outras doenças do cérebro. O EEG tem também interesse para os investigadores porque pode ser utilizado para estudar a atividade neurológica, após a apresentação de estímulos específicos ou em condições específicas.

O equipamento baseado na tecnologia de eletroencefalografia (EEG) utilizado para recolha de dados neste estudo, foi o EMOTIV SDK (*Emotiv*). O objetivo desta utilização foi o de monitorizar a atividade cerebral durante a simulação de diferentes atividades cognitivas e diferentes condições ambientais em ambiente controlado.

O equipamento em causa é fácil de usar e é portátil (Adelson, 2011). Liga-se sem fio a qualquer PC através de um USB. Em vez de gel ou pasta, o *Emotiv* simplesmente necessita de uma solução salina, como uma solução para lentes de contacto, a qual é utilizada para humedecer as pontas dos sensores que são à base de uma espuma com aspeto de pequenas almofadas, tal como se pode ver no Anexo 19. No entanto, tem apenas 14 canais, menos de ¼ do número usado nas configurações de muitas pesquisas (Newman & Norman, 2010; Parra, Spence, Gerson, e Sajda, 2005). A taxa de amostragem de dados, a 128Hz, é também mais baixa do que em configurações tradicionais, em que a amostra é a 1000Hz (Newman & Norman, 2010). A disposição dos elétrodos aproxima-se do esquema de posicionamento 10-20 (Emotiv, 2010).

O equipamento consta dos elementos apresentados na (Figura 17):

- Emotiv com bateria de lítio recarregável;
- Pen USB “*Dongle Transceiver*”;
- Disco CD de instalação no Windows XP ou Vista;
- Caixa de Sensores para Hidratação com 16 Unidades de Sensores;
- Solução Salina para Hidratar os Sensores;
- Carregador USB.

A descrição detalhada de utilização deste equipamento encontra-se no Anexo 19.

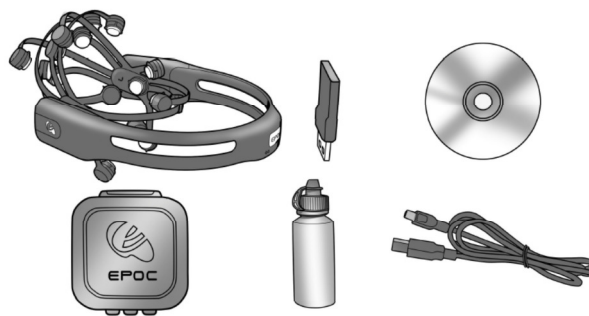


Figura 17 - Equipamento geral que faz parte do kit *EPOC Head set*  
*Adaptado de Emotiv Software Development Kit User Manual for Release 1.0.0.3*

### 3.2.5 Baterias de Testes

Neste ponto apresentam-se as baterias de testes cognitivos aplicados aos voluntários. Todas as tarefas foram controladas por computador. A Figura 18 ilustra o ecrã referente à bateria *Simple Response Time PEBL*; a Figura 19 diz respeito à bateria *Digit Span PEBL*, a Figura 20 é correspondente ao exemplo do monitor da *PEBL Situation Awareness/Dynamic Visual Working Memory Test* e, finalmente, a Figura 21 diz respeito ao exemplo da bateria de testes *PEBL Go-No-Go*.

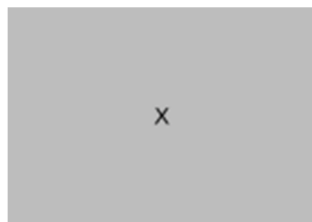


Figura 18 - Simple Response Time



Figura 19 - Digit Span

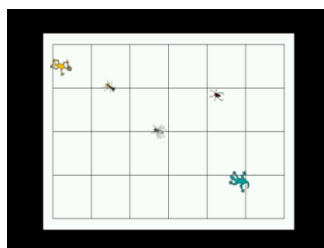


Figura 20 - Situation Awareness Test

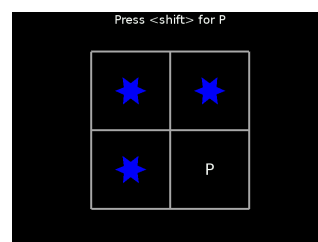


Figura 21 - Go-No-Go Task

Cada um dos testes apresentados tem um objetivo específico que se encontra mais detalhadamente explicado no ponto 3.4.3.

### 3.2.6 Outros equipamentos e instrumentos de medição

#### 3.2.6.1 Balança

Balança utilizada (Figura 22) cuja referência é 039-SA700.102.1998 com haste para medir a altura dos indivíduos, tem uma precisão de 50 g e uma capacidade até 220 kg.



Figura 22 - Balança 039-SA700.102.1998

#### 3.2.6.2 Questionários

Cada ensaio foi registado numa ficha de ensaio (Anexo 9). Essa ficha além de registar o nome, a idade e a profissão do voluntário, registou também as medidas antropométricas, as condições do ensaio em termos de temperatura e humidade e a resposta a quatro questões relacionadas com os hábitos de cada voluntário em termos de estilo de vida. Tal como Parsons (2003) refere, uma das melhores maneiras de saber se as pessoas se sentem confortáveis é fazendo-lhes perguntas. O mesmo autor acrescenta que a sensação térmica, o conforto, o prazer, a dor assim como respostas comportamentais, são todos eles fenómenos psicológicos.

No presente estudo foi utilizado um questionário simples de sensação térmica para ambientes moderados (Anexo 10), adaptado da Norma ISO10551:1995, norma esta que apresenta os princípios e a metodologia para a construção e uso de escalas de avaliação do ambiente térmico. As escalas estão divididas em dois tipos de avaliação: pessoal e ambiental. No que se refere ao estado pessoal, está relacionada com a perceção, questionando como se sente num determinado momento (por exemplo: quente), com o estado afetivo, questionando se se encontra confortável ou não, e com a preferência, questionando como gostaria de estar (por exemplo: morno). Quanto à vertente ambiental a norma questiona se o ambiente é aceitável e se é tolerável (Parsons, 2003).

Assim, o questionário elaborado foi um instrumento de recolha de dados que, além de uma questão relacionada com o estilo de vida de cada voluntário, contemplou ainda três grupos de informação:

- O primeiro determinou a sensação térmica e a percepção ao entrar e à saída da câmara climática, através da escala de ASHRAE com sete pontos (trata-se de uma avaliação subjetiva), colocando a questão “Como se sente agora? Ou seja no preciso momento de entrar e sair na câmara”;
- O segundo determina a preferência térmica, e diz respeito a um juízo de avaliação, onde compara a sensação térmica que está a sentir com o estado de preferência de como gostaria de estar naquele momento. Esta questão refere-se ao estado preferencial questionando “ Como gostaria de estar?”
- O terceiro diz respeito a informação adicional sobre os sintomas que estavam a sentir no preciso momento que estavam a responder ao questionário, ou seja, no início e no final do ensaio. Tendo em conta que alguns dos sintomas de fadiga são cansaço e sonolência (Craig, Tran, Wijesuriya, & Nguyen, 2012), estes dois sintomas foram contemplados no referido questionário.

### **3.3 Métodos de utilização do equipamento**

#### **3.3.1 Teste da câmara climática**

O número total de voluntários envolvidos nestes ensaios foi de 3, um do sexo masculino e dois do sexo feminino com idades compreendidas entre os 27 e 55 anos e IMC médio de 23,3 Kg.m<sup>-2</sup>. Para o efeito foram realizados ensaios a diferentes temperaturas e humidades com uma, duas e três pessoas em simultâneo.

As Câmaras climáticas foram construídas e utilizadas com diversas finalidades, tais como: avaliar o conforto térmico para edifícios (Berglund & Gonzalez 1978), testar o tratamento de doenças respiratórias desde 1955 (Memeo 1973, Rulffs 1966, Van Heuken 1955) e para a saúde e segurança ocupacionais, pelo menos desde 1968 (Atkins 1969, Hofler 1968, Walter 1968, Wenzel, H.G. & Stratmann, F.1968). Os resultados de ensaios efetuados em Câmaras também têm sido usados para validar os modelos matemáticos de termorregulação humana aplicados em diversas áreas do conhecimento (Fiala et al., 2010).

No presente estudo os primeiros ensaios efetuados na câmara climática tiveram como objetivo: avaliar o desempenho e determinar a adequação do respetivo uso e medir a resposta psicofisiológica humana sob diferentes condições de temperatura e humidade. Para o efeito, foram realizados vários testes, em diferentes condições de temperatura e humidade com e sem voluntários no seu interior. Estes ensaios foram realizados entre setembro e dezembro de 2011, de acordo com Guedes J.C., Costa, E. Q., & Baptista, J. S. (2012).

As normas internacionais, referem que os desvios não devem variar mais de 2°C / hora e o ciclo de temperatura deverá ser inferior a 1°C, pico-a-pico (ISO7730 2005). Estes 2°C, podem garantir a não variação na sensação térmica (BSR/ASHREA standard 55P 2004). Neste

contexto, as especificações técnicas do equipamento, *Fitoclima 25000 EC20* asseguram perfeitamente o intervalo considerado admissível para experiências com seres humanos no seu interior.

Alguns estudos científicos referem que para situações onde o isolamento do vestuário é de 0,5 clo, são sugeridos desvios inferiores a 0,5-0,6°C / h para garantir uma variação não-sensível dentro de um período de pelo menos 3-4 h (Berglund & Gonzalez 1978; Kolarik, J., Toftum, J., Olesen, B. W., & Shitzer, A., 2009). No estudo de Schellen et al. (2010), é referida uma precisão de  $\pm 0,12^{\circ}\text{C}$  em torno do *set point*. Kolarik et al. (2009), por sua vez, apresentam uma precisão de  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  e  $\pm 1\%$  a  $5\%$  de HR e também asseguram que a temperatura radiante média e a temperatura do ar são iguais durante os estados transitórios.

Para configurações menos exigentes a *Fitoclima 25000 EC20* é capaz de fazer vários testes num só dia, dependendo dos valores exatos de temperatura e humidade e dos pontos de ajuste necessários. Para ajustes precisos, *Fitoclima 25000 EC20* é capaz de fazer um ensaio por dia ou em dois dias. Isso acontece porque o equipamento precisa incluir um período de reajuste de um “*set point*” a outro.

Finalmente, de acordo com os factos apresentados, é possível afirmar que a câmara *Fitoclima 25000 EC20* e as instalações laboratoriais, considerando-se os dados analisados, são adequados ao objetivo do trabalho que é avaliar as respostas psicofisiológicas do corpo humano em diferentes combinações de temperatura e humidade.

### **3.3.2 Teste dos sensores de temperatura da pele.**

O número total de voluntários envolvidos nestes ensaios foi de 4, dois sexo masculino e dois do sexo feminino, com idades compreendidas entre os 27 e 53 anos e IMC médio de 23,8 kg.m<sup>-2</sup>.

O teste dos sensores da temperatura da pele foi efetuado no interior da câmara, com temperatura e humidade controladas. Estes testes foram realizados de acordo com o Protocolo da Medição da Temperatura da Pele (Anexo 7), tendo sido usados 8 sensores que foram distribuídos por 8 pontos do corpo e um monitor. Após testado um monitor separadamente procedeu-se ao teste de dois monitores para o caso dos ensaios que incluíssem mais de 8 pontos de medição da temperatura da pele.

A aquisição do sinal permitiu a receção dos dados dos dispositivos *bioPLUX* em tempo-real via Bluetooth. Após recolha de dados, os mesmos foram tratados em Matlab, segundo o programa apresentado no Anexo 14, de modo a transformar o sinal elétrico recolhido em temperatura.

A Tabela 22 demonstra o resultado da temperatura média em cada ponto, realizado no dia 22.09.2012, à temperatura de 35°C e 80%HR, ao fim de 1 hora, nos oito pontos do corpo monitorizados, designados por:

- Sk<sub>1</sub> - Gêmeo Esquerdo;
- Sk<sub>2</sub> - Mão Esquerda;
- Sk<sub>3</sub> - Parte Inferior do Braço Esquerdo;
- Sk<sub>4</sub> - Testa;
- Sk<sub>5</sub> - Omoplata;
- Sk<sub>6</sub> - Parte Superior Esquerda do Tórax;
- Sk<sub>7</sub> - Parte Superior do Braço Direito;
- Sk<sub>8</sub> - Parte da frente da Coxa Direita.

Verifica-se pelos resultados que a temperatura mais baixa foi encontrada nos membros inferiores, nomeadamente no gêmeo esquerdo (Sk<sub>1</sub>), sendo que a temperatura superior foi encontrada na testa (Sk<sub>4</sub>).

Tabela 22 - Ensaio realizado a 35°C-80% HR

| Temperatura | Sk <sub>1</sub> | Sk <sub>2</sub> | Sk <sub>3</sub> | Sk <sub>4</sub> | Sk <sub>5</sub> | Sk <sub>6</sub> | Sk <sub>7</sub> | Sk <sub>8</sub> |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Média (°C)  | <b>34,74</b>    | 35,88           | 36,16           | <b>36,57</b>    | 36,54           | 36,51           | 36,16           | 35,74           |

### 3.3.3 Teste aos sensores de temperatura ingeríveis (TIS)

Os testes com os TIS (Sensores Térmicos Ingeríveis), para monitorizar a temperatura interna do corpo, foram efetuados no interior da câmara, com temperatura e humidade controladas. Estes testes foram realizados entre maio e junho de 2012 a várias temperaturas e humidades, de acordo com o Protocolo da Medição da Temperatura Interna - Ingestão de cápsulas que se encontra no Anexo 6.

Para o efeito, foram avaliados dois voluntários de 33 e 49 anos com IMC entre 25 e 27, respetivamente. O vestuário usado foi tshirt, calção e chinelos. Os ensaios foram efetuados durante os dias: 1, 12, 13, 19 e 26 de maio em 6 sessões diárias: 9H00, 11H00, 15H00, 17H00, 19H00 e 22H00, correspondentes a 3 sessões por voluntário. Os dados da temperatura interna foram recolhidos em tempo real, cujo exemplo é demonstrado no Anexo 13. A Figura 23 representa as curvas correspondentes à evolução da temperatura média da pele (a vermelho) e a temperatura interna do corpo (linha azul) recolhida pelo sensor termoingerível, no ensaio realizado a 32°C 30% HR, ao longo de duas horas, em condições controladas de temperatura e humidade no ensaio realizado a 1 de maio de 2012 pelo voluntário RV, na simulação de uma atividade sedentária.

A Figura 24 representa as curvas correspondentes à evolução da temperatura da pele e temperatura interna ao longo de 2 horas a 40°C 30% HR também na simulação de uma

atividade sedentária, no entanto neste caso nos últimos 4,5 minutos foi pedido ao voluntário para fazer algum esforço físico.

Verificou-se que, neste último ensaio, a temperatura interna atingiu 38,2°C no final do ensaio, enquanto a temperatura da pele atingiu os 40°C, correspondentes à temperatura ambiente que se encontrava na câmara climática. No final do ensaio, mesmo após algum esforço físico, nos últimos 4,5 minutos verificou-se que a temperatura interna não oscilou significativamente, tendo-se registado um ligeiro aumento nesse período e que a temperatura da pele baixou, atribuindo-se esse facto à evaporação, o que levou ao arrefecimento da pele. Este período encontra-se assinalado na Figura 24.

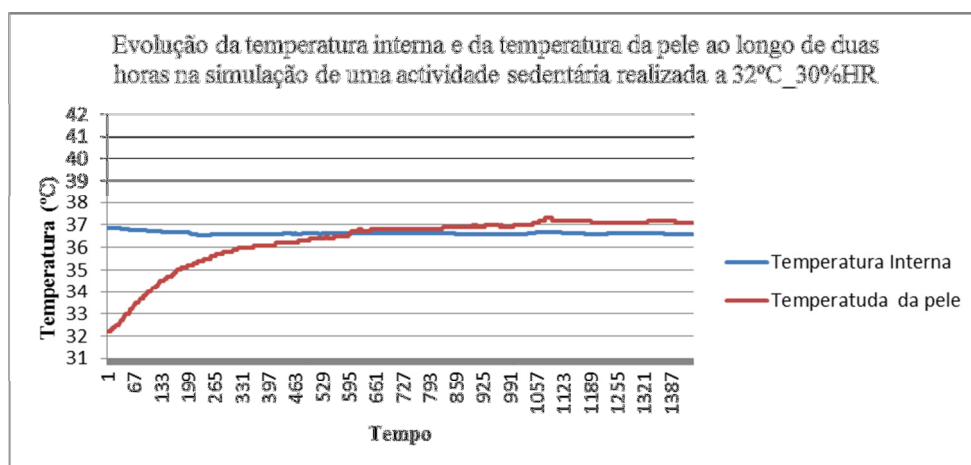


Figura 23 - Evolução da temperatura interna e temperatura da pele a 32°C-30% HR

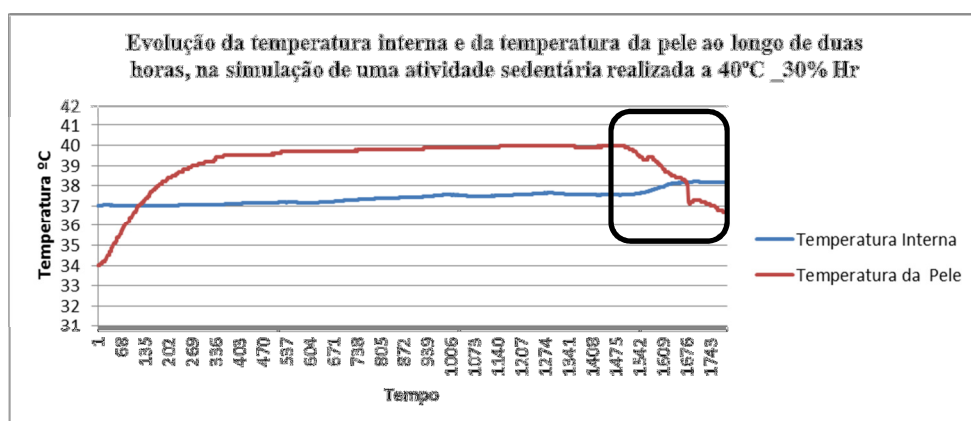


Figura 24 - Evolução da temperatura interna e da temperatura da pele a 40°C-30% HR



### 3.3.4 Teste e registo do sinal EEG

O número total de voluntários envolvidos nestes ensaios foi também de 4, dois sexo masculino e dois do sexo feminino, com idades compreendidas entre os 27 e 53 anos e IMC médio de  $23,8 \text{ kg.m}^{-2}$ , tal como no ensaio dos sensores da temperatura da pele.

Para registar o sinal do *EEG - EMOTIV SDK*, o equipamento foi colocado na cabeça dos voluntários, após os sensores estarem convenientemente hidratados tal como descrito no Anexo 19. Neste ponto apresentam-se os ensaios realizados com o EEG através do registo dos gráficos da atividade cerebral. Os elétrodos foram colocados no escalpe, segundo posições de acordo com o sistema internacional 10-20. O princípio básico de aquisição dos traçados eletroencefalográficos é a amplificação dos sinais elétricos captados no escalpe que posteriormente, são visualizados através de software específico. Os elétrodos ímpares correspondem ao hemisfério esquerdo e os pares, ao direito. Denominam-se de frontais (F3 e F4), centrais (C3 e C4), parietais (P3 e P4), occipitais (O1 e O2), temporais anteriores (T7 e T8), temporais medianos (T3 e T4), temporais posteriores (T5 e T6).

Avalia-se o traçado através de ondas que podem ser descritas pela frequência e amplitude. Distinguem-se basicamente quatro tipos de ondas cerebrais: *Delta*, *Teta*, *Alfa* e *Beta*. Há uma relação entre as ondas cerebrais e a atividade cerebral, assim, as ondas mentais de maior frequência (menor amplitude) como as ondas *Beta*, estão associadas a atividades que exigem maior concentração, atenção e alerta, enquanto as ondas de menor frequência (maior amplitude) estão associadas o relaxamento ou cansaço.

Neste trabalho incidiu-se na avaliação das ondas *Alfa* e *Beta* nos dois hemisférios, por conseguinte, apresenta-se o resultado em termos de ondas *Alfa O1*, *Alfa O2*, pois as ondas *Alfa* aparecem predominantemente no lobo occipital e como termo de comparação avaliaram-se também as ondas *Beta O1* e *Beta O2* no mesmo lobo cerebral. O teste do EEG envolveu duas partes distintas: a primeira correspondente ao registo, recolha de dados e processamento do sinal e a segunda relacionada com o tratamento de dados.

#### 3.3.4.1 Exemplo da recolha e processamento do sinal

A atividade cerebral foi registada durante o tempo de exposição sob diferentes condições de temperatura e humidade, com o equipamento já apresentado no referido ponto 3.2.4.

Após registo e recolha dos dados procedeu-se ao tratamento de sinal de acordo com os procedimentos indicados na Figura 25. O EEG devolve ficheiros Edf que, para um melhor tratamento, devem ser colocados todos numa só pasta, posteriormente correm-se os códigos através do Matlab e EEGLAB.

O EEGLAB é um conjunto de ferramentas de Matlab para o processamento contínuo de sinal EEG e outros dados eletrofisiológicos com análise de componentes independentes (ICA), tempo/análise de frequência e outros métodos, incluindo a rejeição de artefatos<sup>7</sup>

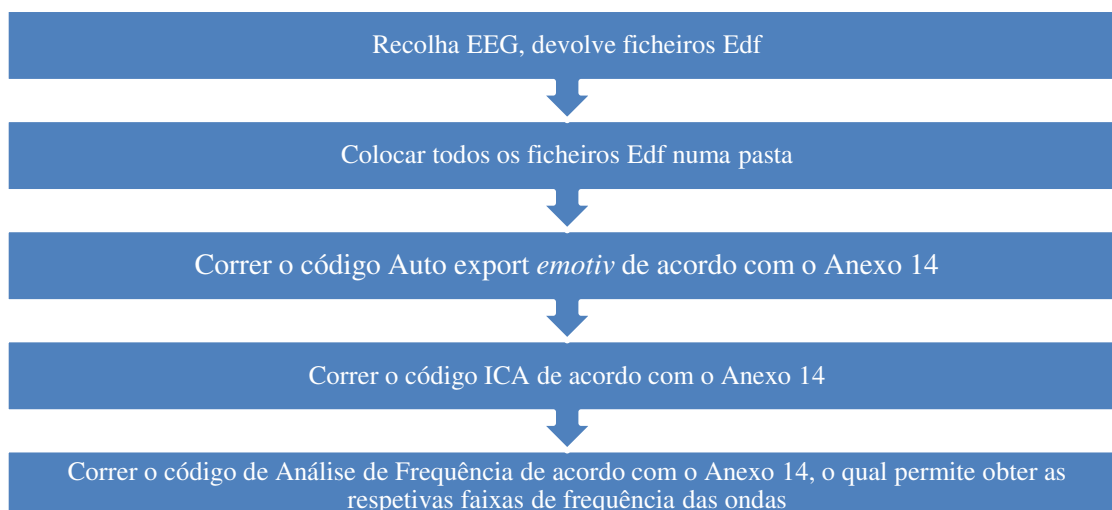


Figura 25 - Metodologia de tratamento do sinal EEG

### **Decompôr Run ICA**

ICA “*Independent Component Analysis*” é uma técnica muito potente que torna possível identificar e remover artefactos a partir do EEG (Craig et al., 2012), sendo possível separar fontes independentes linearmente misturadas, provenientes de vários sensores. Por exemplo, durante a gravação do eletroencefalograma (EEG) no escalpe, o ICA permite separar artefactos incorporados nos dados (uma vez que são geralmente independentes entre si)<sup>8</sup>. A decomposição dos dados pelo ICA envolve uma mudança dos dados registados nos canais individuais do escalpe para uma base espacial transformada em "canal virtual". Ou seja, em vez de uma colheita de registos de dados de canal único gravados simultaneamente, os dados são transformados num conjunto de saídas registadas simultaneamente provenientes de filtros especiais aplicados a todos os dados multi-canal. Nos dados dos canais originais do escalpe, cada linha da matriz de gravação de dados representa o curso de tempo resumido em diferenças de tensão entre as projeções de origem para um canal de dados e um ou mais canais de referência. Após decomposição ICA, cada linha da matriz de dados de ativação dá a

---

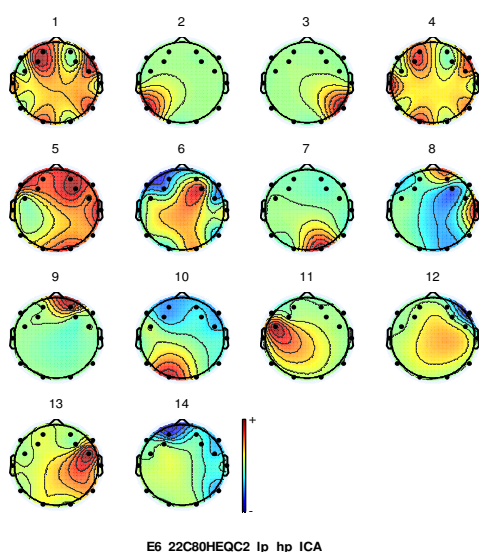
<sup>7</sup> <ftp://sccn.ucsd.edu/pub/eeqlabtutorial5.00b.pdf>

<sup>8</sup> in <http://sccn.ucsd.edu/~arno/indexica.html> consultado em 28.06.2014.

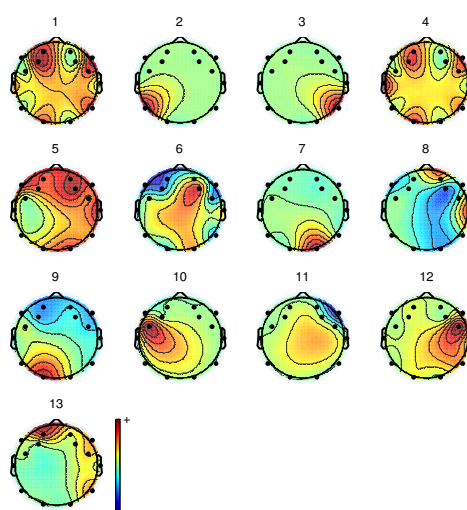
evolução no tempo da atividade de um componente do processo espacialmente, filtrado a partir dos dados do canal<sup>9</sup>.

Os principais critérios para determinar cada componente são 1) atividade cognitiva, 2) artefato muscular, ou 3) outro tipo de artefacto.

De notar que o sinal de EEG pode ser usado para detetar o movimento dos músculos faciais. Com efeito, a deteção dos chamados "artefactos" que resultam destes movimentos é fundamental no processamento de sinais de EEG, porque o "ruído" relacionado com o possível movimento deturpa o sinal neuronal. A Figura 26 apresenta um exemplo de um gráfico do mapa dos componentes do escalpe em 2D, num ensaio realizado a 22°C de temperatura e 80% HR, antes da rejeição dos artefactos (Vol EQC2). O artefato mais notório é o piscar de olhos, o que provoca um grande desvio do sinal que é tipicamente 20 dB acima (Adelson 2011), por essa razão deve ser rejeitado (gráfico 9 da Figura 26) pois está relacionado precisamente com o piscar de olhos. A Figura 27 apresenta os mesmos gráficos dos componentes do escalpe em 2D após filtragem do referido artefacto para o mesmo ensaio.



E6\_22C80HEQC2\_ip\_hp\_ICA



E6\_22C80HEQC2\_ip\_hp\_ICA pruned

Figura 26 - Mapa dos componentes do escalpe em 2D, antes da rejeição dos artefactos.

Figura 27 - Mapa dos componentes do escalpe em 2D, após rejeição dos artefactos.

### 3.3.4.2 Exemplo do procedimento de tratamento dos dados

Apresenta-se neste ponto um outro exemplo de ensaios realizados a 22 setembro de 2012. Nestes gráficos estão registadas as curvas correspondentes às ondas *Alfaf 01* num ensaio realizado a 35°C 80% HR.

<sup>9</sup> In [http://scn.ucsd.edu/wiki/Chapter\\_09:\\_Decomposing\\_Data\\_Using\\_ICA](http://scn.ucsd.edu/wiki/Chapter_09:_Decomposing_Data_Using_ICA)

Sempre que apareceu um dado observacional consideravelmente diferente em termos numéricos das outras observações foi considerado um “*outlier*”, pois segundo o critério deste estudo, valores deste género poderiam apontar para anormalidades no conjunto de dados. Na (Figura 28) apresenta-se o resultado da evolução das ondas Alfa no hemisfério esquerdo (O1) representado por uma curva antes da remoção dos *outliers* e na (Figura 29) apresenta-se a curva correspondente ao tratamento subsequente à filtragem dos artefactos e outros componentes não desejados, como por exemplo ruído no sinal provocado pelo simples abanar da cabeça durante os ensaios. Na Figura 28, estão assinalados dois picos nos minutos 38 e 45 que foram considerados “*outliers*”.

Tendo em conta o critério estabelecido, ajustaram-se esses valores através das médias dos pontos imediatamente ao lado esquerdo e direito. Assim, após correção o gráfico e a respetiva equação fica tal como apresentado na Figura 29. Os dados observados foram ajustados através de um polinómio de 3º grau obtido por regressão polinomial. Na Figura 30 são apresentadas as curvas de ajuste correspondentes à onda *Alfa O1* (occipital esquerdo). A curva a azul representa o resultado do ajuste original, antes da remoção dos *outliers*, e a curva a vermelho após essa correção.

Na Tabela 23 apresentam-se as equações polinomiais de 3º grau para os polinómios resultantes destes ajustes.

Tabela 23 - Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste.

| Legenda                                   | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|---|---|
| Linha Azul <i>Alfa O1</i> s / correção    | $y = -0,0003x^3 + 0,0212x^2 - 0,4412x + 6,2641$         |
| Linha Vermelha <i>Alfa O1</i> c/ correção | $y = -0,00007x^3 + 0,0048x^2 - 0,095x + 4,5196$         |

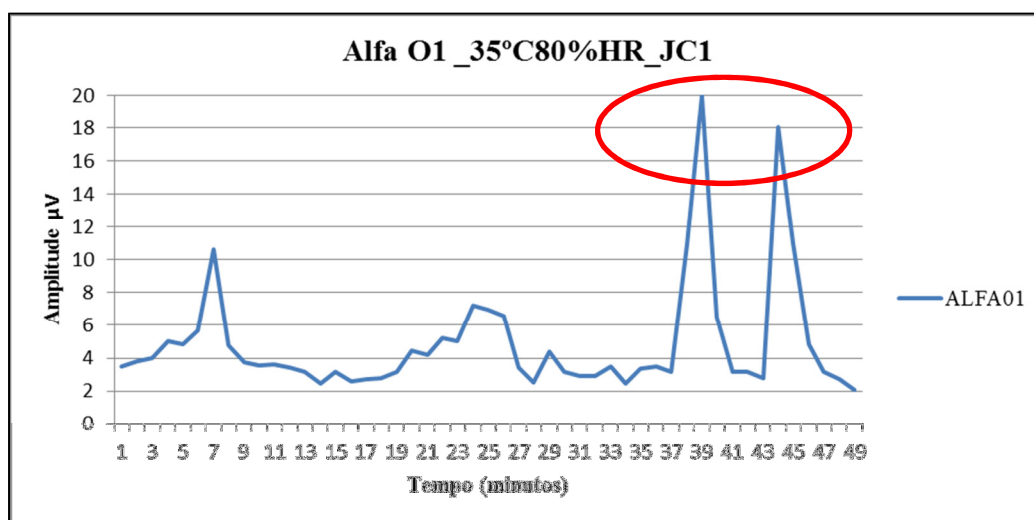


Figura 28 - Onda *Alfa O1* (com outliers) a 35°C-80% HR

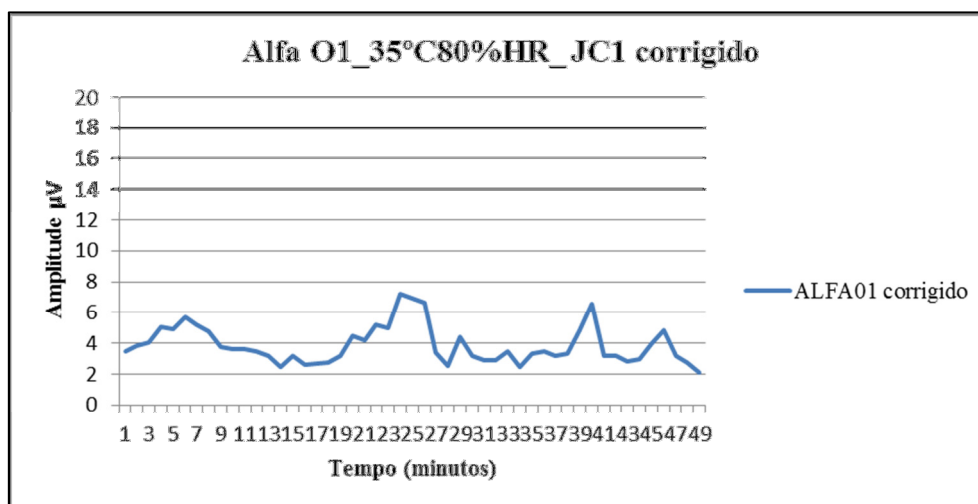
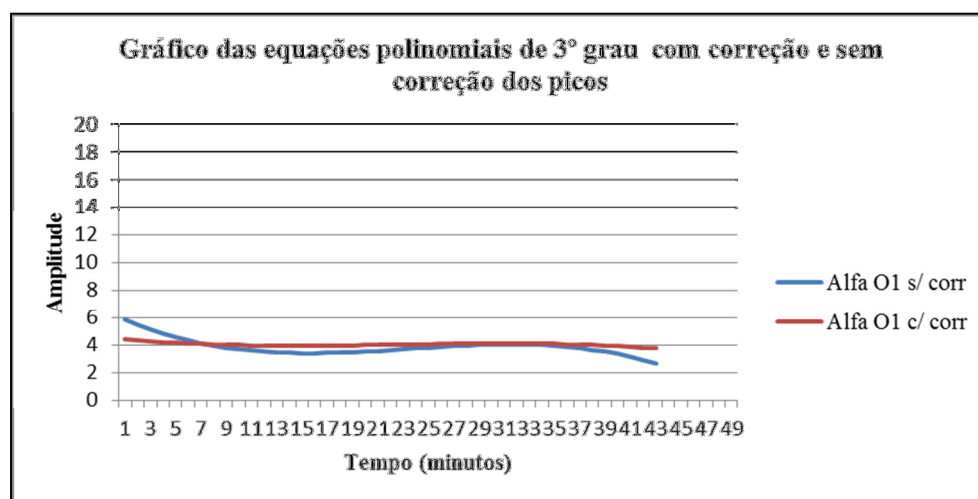
Figura 29 - Onda *Alfa O1* (sem outliers) a 35°C-80% HR

Figura 30 - Ajuste curvas com e sem correção dos picos a 35°C-80% HR

### 3.4 Metodologia

No sentido de definir o protocolo geral dos Ensaios Finais, foram realizados testes preliminares de dois tipos designados por Testes Piloto:

- Repetibilidade / Reprodutibilidade;
- Aclimação.

Estes testes, permitiram detetar problemas e aferir o protocolo geral dos Ensaios Finais.

Neste ponto também se apresentam a metodologia global e as metodologias específicas seguidas ao longo da investigação. Pretende-se, assim, descrever os seus principais passos, fornecendo uma melhor compreensão sobre a natureza dos trabalhos e respetivos objetivos.

### **3.4.1 Apresentação global**

Pretende-se neste ponto dar a visão global do trabalho de investigação como fonte de produção de conhecimento com objetivos científicos. O trabalho foi desenvolvido tendo em conta a estratégia definida no Projeto de Tese apresentado e aprovado em julho de 2011. A metodologia global da Tese passou pelas 4 fases, a seguir apresentadas (Figura 31):

#### **Primeira fase:**

- Início da pesquisa bibliográfica, que continuou ao longo de todo o trabalho;
- Escolha, compra e teste do equipamento necessário à realização dos ensaios;
- Submissão do projeto à CEUP (Comissão de Ética da Universidade do Porto);
- Seleção da amostra de acordo com a estratégia definida;
- Desenho e Aferição do Protocolo de ensaio através de Ensaio-piloto;
- Análise e Tratamento de dados dos Ensaio-piloto;
- Redefinição da estratégia (sempre que necessário, atendendo à dinâmica inerente a projetos de investigação).

#### **Segunda fase:**

- Atualização da pesquisa bibliográfica;
- Recolha de dados dos ensaios finais em ambientes controlados, em que se fizeram variar os parâmetros do ambiente térmico, com a finalidade de verificar em que medida afetam a atividade cerebral e, consequentemente, a amplitude do sinal EEG.
- Recolha de dados;
- Análise e tratamento de dados.

#### **Terceira fase:**

- Nova atualização da pesquisa bibliográfica;
- Interpretação e Discussão de Resultados;
- Análise dos dados e sua interpretação, comparando-os com outras pesquisas efetuadas.

#### **Quarta fase:**

- Elaboração das conclusões;
- Identificação das perspetivas de desenvolvimentos futuros.

Neste ponto e nos seguintes pretende-se apresentar com maior detalhe alguns dos passos prévios da investigação, desde a seleção e recrutamento de voluntários, passando pelos testes piloto de repetibilidade e de aclimação, testes estes que permitiram retificar o protocolo preliminar e realizar, por fim, os ensaios finais, conducentes à resposta à questão de investigação inicialmente formulada.

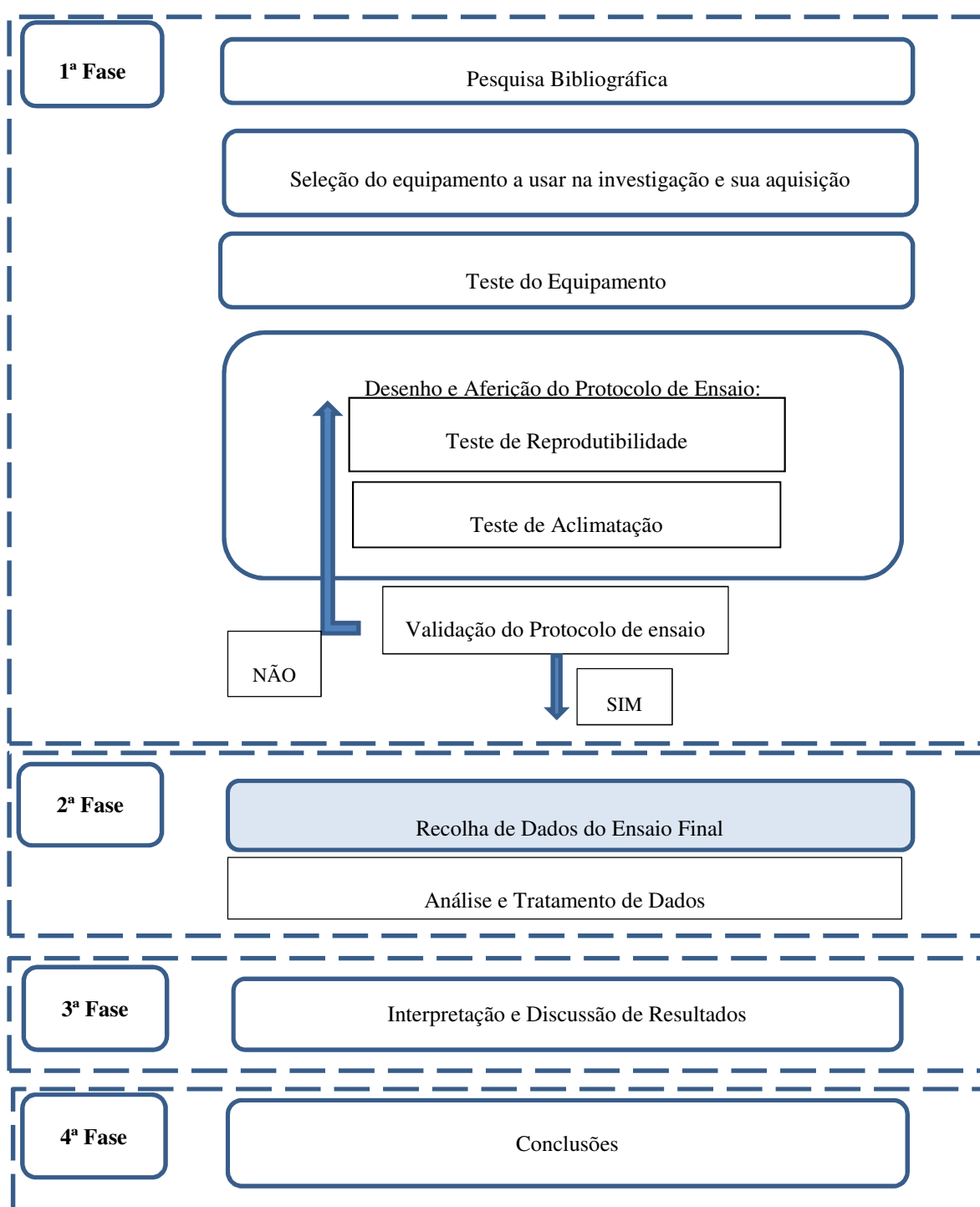


Figura 31- Metodologia Global da Abordagem

Este projeto foi submetido à Comissão de Ética da Universidade do Porto, de acordo com o respetivo regulamento no dia 30 de abril de 2012. Além do projeto de investigação foi também enviado o Consentimento Informado, o Currículo resumido do investigador principal e da requerente do projeto, assim como, alguns dados técnicos dos equipamentos a utilizar. Após a submissão do projeto, foram clarificadas várias dúvidas colocadas pela CEUP, sendo

o projeto aprovado em fevereiro<sup>10</sup> de 2013. Em anexo encontra-se o pedido submetido à CEUP (Anexo 1).

O número total de voluntários envolvidos nestes ensaios foi de 41, distribuídos do seguinte modo:

- 6 voluntários na validação do equipamento: dois do sexo feminino e quatro do sexo masculino, com idades entre os 27 e 55 anos;
- 5 voluntários no teste piloto (3 voluntários nos testes de repetibilidade e 2 voluntários nos testes de aclimação) todos do sexo masculino e com idades compreendidas entre os 20 e 27 anos,
- 30 voluntários de ambos os sexos nos ensaios finais, com idades compreendidas entre os 20 e os 58 anos, 18 dos quais concluíram todos os passos do estudo. No final foram considerados 15 para análise.

O motivo pelo qual foram apenas objeto de estudo 18 dos 30 voluntários, deveu-se aos ensaios não terem sido executados na totalidade por 12 dos voluntários que iniciaram os testes. O protocolo de ensaio obrigava à deslocação por quatro dias ao laboratório a horas pré-determinadas, o que muitas vezes por motivos profissionais ou pessoais, não era possível, concretizar. Assim, no sentido de assegurar a máxima qualidade dos resultados com um mínimo de vieses, os ensaios incompletos não foram considerados.

Dos 18 voluntários que cumpriram na totalidade o protocolo estabelecido para análise do sinal EEG, foram eliminados 3, cujos resultados foram considerados como outliers, nomeadamente por se ter verificado que o sinal obtido apresentava, em algum dos testes, um ruído excessivo que inviabilizava a abtenção de resultados coerentes após filtragem.

### **3.4.2 Recrutamento e seleção inicial de voluntários**

Pretendia-se recrutar os voluntários de acordo com parâmetros pré determinados e com o objetivo do trabalho, tarefa essa que foi evoluindo ao longo dos ensaios tendo começado com critérios mais apertados que foram posteriormente alargados.

De modo a controlar os fatores que poderiam restringir a tolerância ao calor, e reduzir a variabilidade da amostra, o primeiro critério de recrutamento foi baseado em fatores individuais que cumprissem as seguintes características:

- ser do sexo masculino;

---

10

[http://sigarra.up.pt/up/pt/web\\_base.gera\\_pagina?p\\_pagina=2436](http://sigarra.up.pt/up/pt/web_base.gera_pagina?p_pagina=2436)  
[http://sigarra.up.pt/up/pt/conteudos\\_geral.ver?pct\\_pag\\_id=1001669&pct\\_parametros=p\\_pagina=1001669&pct\\_grupo=3739&pct\\_grupo=4007&pct\\_grupo=3741&pct\\_grupo=3749#3749](http://sigarra.up.pt/up/pt/conteudos_geral.ver?pct_pag_id=1001669&pct_parametros=p_pagina=1001669&pct_grupo=3739&pct_grupo=4007&pct_grupo=3741&pct_grupo=3749#3749)



- ser não fumador;
- ter uma idade compreendida entre os 20 e os 30 anos;
- um índice de massa corporal entre 18,5 e 25;
- ter peso estável nos últimos seis meses;
- ser consumidor habitual de pequeno-almoço;
- ser não medicado;
- ter um bom estado geral de saúde;
- sem registo de doenças nos últimos doze meses;
- ser estudante, numa primeira fase, podendo ser profissionais de outras áreas, numa segunda fase de recrutamento.

Para o efeito foram realizadas reuniões com entidades que pudessem disponibilizar voluntários e com indivíduos abordados a título pessoal, onde era explicado o objetivo do trabalho assim como os critérios de inclusão. Era transmitido que cada voluntário iria assinar o consentimento informado, onde seria confirmado o desejo livre de participar no estudo em causa, após ter sido informado sobre todos os aspetos relevantes à participação no referido estudo, assegurando assim, por um lado, a sua decisão de participar, e por outro lado, que a pesquisa é consistente com os seus interesses, valores e preferências.

Após selecionados os voluntários e na hora de os receber eram explicados com detalhe todos os passos do ensaio, assim como a finalidade de cada equipamento usado.

Os critérios estabelecidos no início dos ensaios não foram os utilizados nos ensaios finais, tendo em conta a dificuldade em recrutar voluntários com estes critérios. Assim a faixa etária foi alargada até aos 58 anos, assim como a participação a voluntários de ambos os sexos.

Os ensaios finais foram desenvolvidos com o recurso a uma amostra de conveniência.

### **3.4.3 Baterias de testes cognitivos**

No ensaio piloto foi administrada uma bateria de testes psicológicos implementados em PEBL (*The Psychology Experiment Building Language*). Estes testes estão projetados para vários estudos, como por exemplo, a pesquisa psicológica e neuropsicológica, bem como estudos clínicos. Os testes cognitivos selecionados foram:

- SRT - Tempo de Reação Simples - que deteta a presença de um estímulo visual, o mais rápido e preciso possível;
- DSpan - Dígitos – Pretende-se que o sujeito relembra uma sequência de dígitos;
- Satest - Prova de Alerta Situacional - Neste teste o candidato assiste a um conjunto de alvos móveis e deve responder sobre as suas localizações e identidades;
- Go-No-Go -Tarefa clássica contínua de desempenho.

Todas as tarefas foram controladas por computador. Cada bateria de testes demorava entre 6 a 10 minutos.

*O tempo de resposta / reação simples (SRT)* é definido como o tempo necessário para um indivíduo iniciar uma resposta a um predeterminado estímulo específico. Este teste mede o tempo de reação simples, através de um estímulo conhecido para uma localização conhecida para induzir uma resposta conhecida. Assim que o participante vê um quadrado no ecrã, deve pressionar o botão no teclado do computador. A única incerteza é em relação ao momento em que o estímulo irá ocorrer, por ter um intervalo variável entre a resposta ao teste e o início do estímulo para a próxima resposta.

*Digit Span* traduzido por dígitos ou extensão de memória (em psicologia e neurociência) trata-se de um teste com uma longa lista de itens para que uma pessoa possa repetir de volta na ordem correta imediatamente após a apresentação. Os itens podem incluir palavras, números ou letras. Quando são usados números a tarefa é conhecida como extensão de dígitos, que é a situação no presente estudo.

*Situational Awareness Test* - Teste de Alerta Situacional, trata-se da percepção de elementos ambientais com relação ao tempo e / ou espaço. A compreensão do seu significado, e a projeção do seu estado depois de alguma variável mudar, como por exemplo o tempo, ou alguma outra variável, como um pré-determinado evento.

As tarefas *Go-No-Go*, exigem que o sujeito *clique* numa tecla do computador quando um tipo de estímulo aparece (no caso presente a letra P) e reter a resposta quando um outro tipo de estímulo aparece (no caso presente a letra R) trata-se de um teste em que esta decisão simples é repetida pelo voluntário por um tempo indeterminado.

### **3.5 Aferição do protocolo de ensaio (teste-piloto)**

Por definição, um teste-piloto é um estudo, em pequena escala, dos procedimentos, materiais e métodos propostos para determinada investigação (Mackey, A. & Gass, S., 2005). Realiza-se um teste-piloto com o objetivo de descobrir pontos fracos ou potenciais problemas, de modo a que seja possível resolvê-los antes da implementação dos ensaios finais.

Neste trabalho foram efetuados dois tipos de teste-piloto, o primeiro para garantir a repetibilidade e a reprodutibilidade dos ensaios e averiguar o conforto dos voluntários, o segundo para determinar o interesse em avaliar os efeitos da aclimação dos indivíduos nos Ensaios Finais.

Apresenta-se neste ponto os resultados dos testes-piloto assim como todos os passos para aferição do protocolo dos Ensaios Finais.

A aferição do protocolo de ensaio permitiu garantir que os ensaios finais fossem todos realizados nas mesmas condições permitindo assim a sua harmonização.

### 3.5.1 Repetibilidade e reprodutibilidade

O número total de voluntários envolvidos nestes ensaios foi de 3, todos do sexo masculino e com idades compreendidas entre os 20 e 27 anos.

#### 3.5.1.1 Considerações iniciais

Entende-se por repetibilidade a realização do ensaio sob as condições o mais constantes possível, realizadas durante um intervalo de tempo, num laboratório por um operador, utilizando o mesmo equipamento. Já por reprodutibilidade entende-se a reprodução fiel e contínua dos resultados obtidos desde o primeiro teste.

Para realizar o teste piloto foi aplicado o protocolo que consta no Anexo 11. O objetivo foi o de efetuar um teste de modo a aferir o nível de repetibilidade e reprodutibilidade quer de equipamentos, quer de resultados. Os primeiros ensaios foram realizados a 20°C e 30% HR durante os meses de inverno: janeiro, fevereiro de 2013. Estes ensaios decorreram durante três dias consecutivos e em três períodos do dia: manhã (10H00), início da tarde (14H00) e meio da tarde (16H00). A temperatura radiante média foi estimada para ser equivalente à temperatura do ar.

Os voluntários foram instruídos para não beberem café nem álcool 12 horas antes dos ensaios e para descansarem bem na noite anterior. Assinaram uma declaração de consentimento informado, sendo-lhes explicado que poderiam interromper o ensaio assim que o desejassem.

Após registo dos dados individuais e antropométricos de cada voluntário numa ficha de ensaio, com a medição da sua altura e pesagem (Anexo 9), foram colocados os sensores de temperatura da pele em 14 pontos do corpo, de acordo com a norma ISO (9886:2004). Nestes ensaios, os voluntários entravam na câmara de imediato, sem qualquer tempo prévio de estabilização da temperatura da pele.

Finalmente era colocado o *Emotiv* no escalpe, já no interior da câmara. Nestas condições os voluntários permaneciam 1 hora dentro da câmara climática onde realizavam dois questionários de sensação térmica, já apresentados no ponto 3.2.6.2, um à entrada e outro à saída. O tempo restante era ocupado com uma atividade sedentária que consistia em elaborar uma bateria de 4 testes cognitivos num computador previamente instalado para o efeito.

#### 3.5.1.2 Condições ambientais exteriores

Os dados da temperatura exterior e humidade foram recolhidos de 10 em 10 minutos pela estação meteorológica da faculdade de Engenharia da Universidade do Porto<sup>11</sup>. Os dados foram recolhidos no LABORATÓRIO DE FÍSICA DAS CONSTRUÇÕES – LFC (2009). Estação Meteorológica do LFC/FEUP Figura 32. A estação é composta por doze sensores, tal como demonstra a Figura 33:

---

<sup>11</sup> <http://experimenta.fe.up.pt/meteorologicalstation/Estacao.htm>.

- Dois de temperatura ( 1);
- Humidade (2):
- Direção (4) e velocidade (3) do vento;
- Cinco sensores de radiação solar (5);
- Pressão (6);
- Precipitação (7).



Figura 32 - Aspeto geral da estação meteorológica



Figura 33 - Descrição da estação meteorológica

Os dados recolhidos são disponibilizados pela estação meteorológica referida *on-line* desde 2006 e são os seguintes:

- Temperatura do ar [ $^{\circ}\text{C}$ ];
- Humidade relativa [%];
- Velocidade do vento [ $\text{m.s}^{-1}$ ];
- Direcção do vento [graus]. O norte corresponde a  $0^{\circ}$  e tem o sentido dos ponteiros do relógio;
- Pressão atmosférica [hPa];
- Radiação solar [ $\text{W.m}^{-2}$ ];
- Precipitação [mm].

Nas Tabelas 24, 25 e 26 apresentam-se os valores médios das condições ambientais do ar exterior nos dias dos ensaios.

Tabela 24 - Valores médios das condições ambientais exteriores (22 de janeiro 2013)

| Hora        | Temp.<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | HR<br>(%) | Rad<br>atm<br>( $\text{Wm}^{-2}$ ) | Pressão<br>(hPa) | Direção<br>do vento<br>( $^{\circ}$ )* | Radiação<br>solar difusa<br>( $\text{Wm}^{-2}$ ) | Radiação<br>solar global<br>( $\text{W.m}^{-2}$ ) | Velocidad<br>e do vento<br>( $\text{m.s}^{-1}$ ) |
|-------------|---------------------------------|-----------|------------------------------------|------------------|--|--|---|--|
| 09h00-12h00 | 7,7                             | 76,7      | 286,3                              | 994,8            | 62,6                                   | 63,9   | 119,4   | 1,9  |
| 14h00-16h00 | 8,8                             | 72,4      | 286,3                              | 994,0            | 76,1                                   | 106,5  | 134,3   | 3,6  |
| 16h00-18h00 | 8,3                             | 76,2      | 287,2                              | 994,0            | 43,7                                   | 51,7   | 54,3  | 2,0  |

\* O norte corresponde a  $0^{\circ}$  e tem o sentido dos ponteiros do relógio

Tabela 25 - Valores médios das condições ambientais exteriores (23 de janeiro 2013)

| Hora        | Temp. (°C) | HR (%) | Rad atm (W.m <sup>-2</sup> ) | Pressão (hPa) | Direção do vento (°)* | Radiação solar difusa (W.m <sup>-2</sup> ) | Radiação solar global (W.m <sup>-2</sup> ) | Velocidade do vento (m.s <sup>-1</sup> ) |
|-------------|------------|--------|------------------------------|---------------|-----------------------|--|--|--|
| 09h00-12h00 | 6,5        | 92,1   | 315,5                        | 1005,4        | 40,2                  | 33,5                                       | 35,5                                       | 1,02                                     |
| 14h00-16h00 | 7,9        | 100,2  | 317,8                        | 1003,2        | 63,7                  | 109,0                                      | 111,3                                      | 2,2                                      |
| 16h00-18h00 | 9,7        | 100,2  | 317,5                        | 1001,7        | 112,7                 | 29,8                                       | 31,9                                       | 1,6                                      |

\* O norte corresponde a 0° e tem o sentido dos ponteiros do relógio

Tabela 26 - Valores médios das condições ambientais exteriores (24 de janeiro 2013)

| Hora        | Temp. (°C) | HR (%) | Rad atm (W.m <sup>-2</sup> ) | Pressão (hPa) | Direção do vento (°) * | Radiação solar difusa (W/m <sup>-2</sup> ) | Radiação solar global (W m <sup>-2</sup> ) | Velocidade do vento (m.s <sup>-1</sup> ) |
|-------------|------------|--------|------------------------------|---------------|------------------------|--|--|--|
| 09h00-12h00 | 9,7        | 90,9   | 258,1                        | 1002,0        | 50,8                   | 4,6  | 6,5  | 0,9                                      |
| 14h00-16h00 | 14,5       | 60,2   | 229,7                        | 1004,1        | 32,9                   | 173,7                                      | 292,7                                      | 1,3                                      |
| 16h00-18h00 | 13,7       | 64,4   | 231,9                        | 1004,0        | 42,2                   | 76,3                                       | 126,0                                      | 1,0                                      |

\* O norte corresponde a 0° e tem o sentido dos ponteiros do relógio

### 3.5.1.3 Avaliação antropométrica

Neste ponto é apresentada a caracterização da amostra. Tal como referido a amostra deste estudo foi constituída por 3 voluntários de diferentes atividades profissionais numa faixa etária entre 20 e 27 anos. O Índice de massa muscular (IMC) é o que consta na Tabela 27.

No presente trabalho, o índice de massa corporal (IMC) foi calculado utilizando a relação (peso corporal/altura<sup>2</sup>), numa primeira etapa para uma prévia seleção dos voluntários, pois era pretendido que todos estivessem dentro de um limite definido para evitar vieses nos resultados, numa segunda etapa para registar os valores dos diferentes voluntários, para que fosse possível, mais tarde, tirar conclusões sobre os resultados finais.

Na Tabela 27 da esquerda para a direita estão registados: o código dos voluntários, composto por duas letras e um número sequencial de 4 dígitos (0001), seguidos da condição ambiental testada (ex:2030) corresponde a 20°C e 30% HR; A condição ambiental da câmara; a data dos ensaios; a hora à qual foi realizado cada ensaio; altura do voluntário, Peso Inicial e final; respetivo IMC e os valores de CO<sub>2</sub> no início e final do ensaio, no interior da câmara.

Tabela 27 - Variáveis ambientais e antropométricas

| Código        | Condição Set Point | Data      | Hora  | Altura | Peso Inicial | Peso Final | IMC                | CO <sub>2</sub> inicial | CO <sub>2</sub> final |
|---------------|--------------------|-----------|-------|--------|--------------|------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
|               | °C_%               | dd:mm:ano |       | m      | kg           | kg         | kg.m <sup>-2</sup> | ppm                     | ppm                   |
| GA0001_2030_1 | 20°C.30HR          | 22-Jan-13 | 11h00 | 1,77   | 74,00        | 73,90      | 23,6               | 440,0                   | 713,0                 |
| GA0004_2030_2 |                    | 23-Jan-13 |       | 1,77   | 73,40        | 73,25      | 23,4               | 629,0                   | 837,0                 |
| GA0007_2030_3 |                    | 24-Jan-13 |       | 1,77   | 73,30        | 73,30      | 23,4               | 623,0                   | 737,0                 |
| PC0002_2030_1 |                    | 22-Jan-13 | 14h00 | 1,75   | 133,35       | 132,70     | 43,8               | 760,0                   | 820,0                 |
| PC0005_2030_2 |                    | 23-Jan-13 |       | 1,75   | 132,60       | 132,50     | 43,5               | 679,0                   | 879,0                 |
| PC0008_2030_3 |                    | 24-Jan-13 |       | 1,75   | 130,25       | 130,20     | 42,8               | 683,0                   | 809,0                 |
| RS0003_2030_1 |                    | 22-Jan-13 | 17h00 | 1,73   | 78,00        | 77,80      | 26,0               | 673,0                   | 814,0                 |
| RS0006_2030_2 |                    | 23-Jan-13 |       | 1,73   | 77,00        | 76,80      | 25,7               | 779,0                   | 929,0                 |
| RS0009_2030_3 |                    | 24-Jan-13 |       | 1,73   | 76,80        | 76,80      | 25,7               | 780,0                   | 825,0                 |

### 3.5.1.4 Resultados da temperatura da pele a 20°C-30%HR

A temperatura da pele é influenciada pelas trocas térmicas por condução, convecção, radiação e evaporação, assim como pelas variações do fluxo sanguíneo na superfície da pele e pela temperatura do sangue arterial.

Segundo (Kataoka et al.,1998) a temperatura da pele é um indicador efetivo para avaliar objetivamente a sensação térmica humana, pois reflete a informação processada pelo cérebro, além disso, constitui um critério importante para avaliar o conforto térmico.

De acordo com a norma ISO9886, a temperatura da pele varia muito na superfície do corpo, especialmente quando as condições ambientais são frias. Por esta razão, deve ser feita uma distinção entre a temperatura local da pele ( $t_{sk}$ ) medida num ponto específico da superfície do corpo e a temperatura média da pele ( $t_{skm}$ ) sobre toda a superfície do corpo. Esta última pode ser estimada mediante a ponderação de um conjunto de temperaturas locais distribuídas ao longo do corpo, de acordo com a área que caracterizam.

Em ambientes secos, a temperatura da pele responde, com um atraso constante de tempo de cerca de 3 min, a variações da temperatura ambiente do ar, de radiação, e da velocidade do ar. O número de pontos de medição deve ser determinado como uma função do grau de precisão pretendido, das condições ambientais, dos requisitos técnicos e do grau de incómodo tolerado pelo voluntário. No caso de ambientes térmicos próximos da neutralidade e em ambientes frios, devem ser usados esquemas de ponderação, com oito ou catorze pontos de medição (ISO9886:2004), tendo em conta que as temperaturas na superfície do corpo são muito heterogêneas. Em ambientes muito frios, pode ser ainda necessária a medição da temperatura de um ou mais dedos, bem como a temperatura de ambos os lados do corpo.

Em condições ambientais mornas e quentes, exceto quando na presença de alta radiação assimétrica, a temperatura da pele tende a ser homogênea ao longo do corpo. Deste modo, o esquema de ponderação usado necessita de menor número de pontos de medição, podendo ser escolhidos apenas quatro pontos, sendo mesmo assim, obtidos resultados com precisão aceitável (ISO 9886:2004).

Neste primeiro conjunto de ensaios, foi efetuada a medição em 14 pontos do corpo de acordo com o Protocolo de Medição da Temperatura da Pele - Sensores temPLUX (Anexo 7). Além de verificar a repetibilidade e reprodutibilidade dos ensaios, pretendia-se também verificar a variabilidade da temperatura da pele nos diferentes pontos do corpo para os diferentes voluntários, tendo em conta as diferentes características antropométricas individuais.

Cada ensaio foi registado através de um código que inicia com duas letras e vêm acompanhado de um número sequencial de ensaio, correspondendo ao nº de ensaio de cada voluntário. Por exemplo: GA1 (1º ensaio) GA4 (2º ensaio do voluntário GA correspondendo ao 4º ensaio sequencial) e GA7 (3º ensaio do voluntário GA, que corresponde ao 7º ensaio sequencial). Seguindo este raciocínio o PC2 será o primeiro ensaio do Voluntário PC (o número 2 corresponde ao segundo ensaio sequencial), PC5 será o segundo ensaio do

voluntário PC e quinto ensaio sequencial e RS3 será o primeiro ensaio do voluntário RS e terceiro ensaio sequencial.

### Comportamento da temperatura da pele nos diferentes pontos medidos

Neste ponto apresentam-se os resultados da evolução do comportamento da temperatura média da pele nos diferentes pontos do corpo medidos entre o primeiro e o terceiro dia de exposição para cada voluntário. Na Figura 34 está representada a variação da temperatura média da pele em cada parte do corpo a 20°C-30% HR no 1º dia de exposição e na Figura 35 para o 3º dia de exposição.

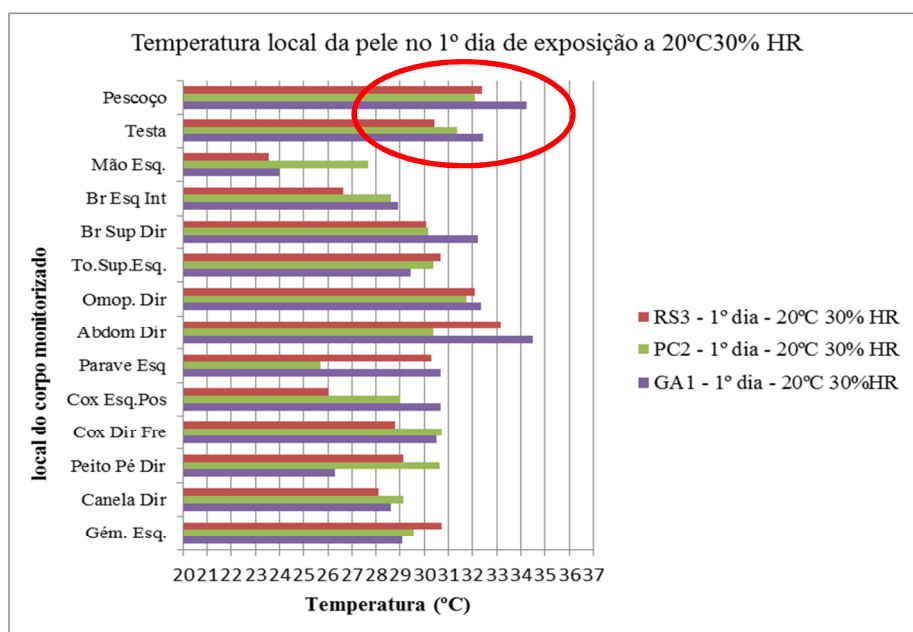


Figura 34 - Temperatura média de cada local da pele a 20°C-30%HR no 1º dia.

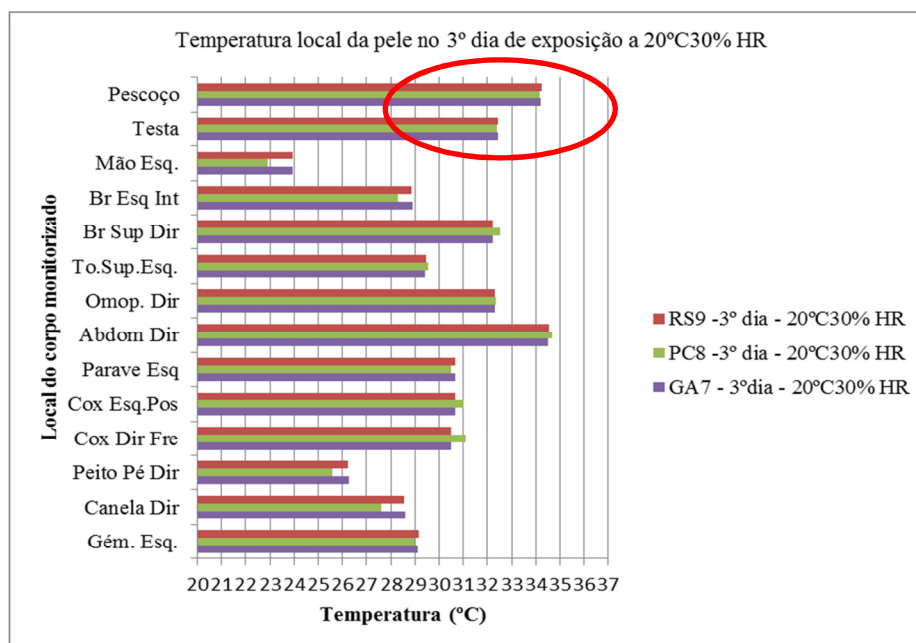


Figura 35 - Temperatura média de cada local da pele a 20°C-30%HR no 3º dia.

Comparando os resultados, é visível a estabilidade da temperatura atingida ao 3º dia, nomeadamente na temperatura da cabeça, talvez por ser a parte do corpo mais diretamente exposta. Apesar das diferenças individuais entre os voluntários, a temperatura da pele tem uma tendência a estabilizar, depois de três dias de aclimação à mesma temperatura e humidade, como pode ser observável na Figura 35.

### **Variação da temperatura média, máxima e mínima da pele ao longo de uma hora**

Na Tabela 28 apresentam-se os valores correspondentes da temperatura média do corpo ( $t_{skm}$ ) assim como picos das temperaturas máxima e mínima, encontradas nos diferentes pontos do corpo, para os três voluntários (GA, PC e RS) no ensaio de reprodutibilidade. O interior da câmara encontrava-se a uma temperatura de 20°C e 30% HR. Os ensaios em questão foram realizados às 10H00 (GA1;GA2; GA3), 14H00 (PC2;PC5;PC8) e 16H00 (RS3;RS6;RS9).

Tabela 28 - Temperatura média do corpo e temperaturas máximas e mínimas

| Ref | $T_{skm}$ (°C) | Temp. máxima (°C)/Parte do corpo |                | Temp. mínima (°C)Parte do corpo |                  |
|-----|----------------|----------------------------------|----------------|---------------------------------|------------------|
| GA1 | 29,72          | 33,37                            | Braço Sup Dir  | 22,76                           | Gémeo Esq.       |
| GA4 | 30,04          | 36,18                            | Coxa Esq. Post | 22,10                           | Mão Esq.         |
| GA7 | 29,30          | 35,56                            | Coxa Esq. Post | 22,68                           | Mão Esq.         |
| PC2 | 29,79          | 33,06                            | Pescoço        | 21,47                           | Peito do Pé Dir. |
| PC5 | 30,18          | 33,23                            | Testa          | 26,05                           | Mão Esq.         |
| PC8 | 30,79          | 33,09                            | Coxa Dir Fre   | 27,90                           | Abdom Dir        |
| RS3 | 29,43          | 34,74                            | Abdom Dir      | 21,75                           | Mão Esq.         |
| RS6 | 29,82          | 34,05                            | Pescoço        | 23,43                           | Mão Esq.         |
| RS9 | 30,27          | 35,31                            | Abdom Dir      | 21,91                           | Mão Esq.         |

Verifica-se que a temperatura máxima varia de pessoa para pessoa não se mostrando coerente para todos os ensaios, nem inter nem intra-indivíduos, apesar de a mão esquerda (extremidade) ser o ponto mais frio, pelo menos uma vez, em todos os indivíduos (a mão direita não foi monitorizada). É de sublinhar que em todos os ensaios os voluntários se encontravam nas mesmas condições e na mesma posição no interior da câmara.

### **Evolução da temperatura do corpo: cabeça, tronco e membros**

Para análise da evolução da temperatura do corpo a 20°C - 30%HR, este foi dividido em quatro partes: Cabeça, Tronco, Membros Superiores e Membros Inferiores. Refira-se que para o estudo em causa foram considerados como pontos pertencentes à parte da Cabeça, os pontos assinalados como testa e pescoço. Este ensaio teve como objetivo:

- Analisar a  $t_{skm}$  em todos os ensaios;
- Demonstrar a evolução da temperatura do corpo sem qualquer aclimação nem qualquer estabilização prévia antes dos ensaios;
- Verificar se existe algum ponto de medição que apresente maior estabilidade, com a finalidade de poder substituir o cálculo da  $t_{skm}$ .



A Figura 36 apresenta a evolução da temperatura da pele em diferentes locais do corpo durante 1 hora de exposição a 20°C e 30%HR, do voluntário GA1 no 1º dia de exposição e sua comparação com a  $t_{skm}$ . Sendo que a Figura 37 representa o GA7, no 3º dia de exposição.

O gráfico correspondente ao GA4 encontra-se no Anexo 20 (Figura 1). O mesmo procedimento foi repetido para os restantes voluntários nos ensaios PC2, PC8 e RS3, RS9 respetivamente nas Figuras:38 e 39 e nas Figuras 40 e 41. Os resultados dos ensaios PC5 e RS6 encontram-se também no Anexo 20 (Figuras 2 e.3, respetivamente).

### Variação da temperatura media entre o pescoço e a testa

Na Figura 42 estão registadas a variação da temperatura da pele em dois pontos da cabeça no 1º, 2º e 3º dia de ensaio, para cada voluntário.

Como se pode verificar, pela análise da respetiva figura, com o aumento do tempo de aclimação a resposta fisiológica vai estabilizando, sendo a resposta mais previsível.

De uma forma geral é possível afirmar que há uma menor flutuabilidade da temperatura da pele ao longo do tempo após os três dias de aclimação.

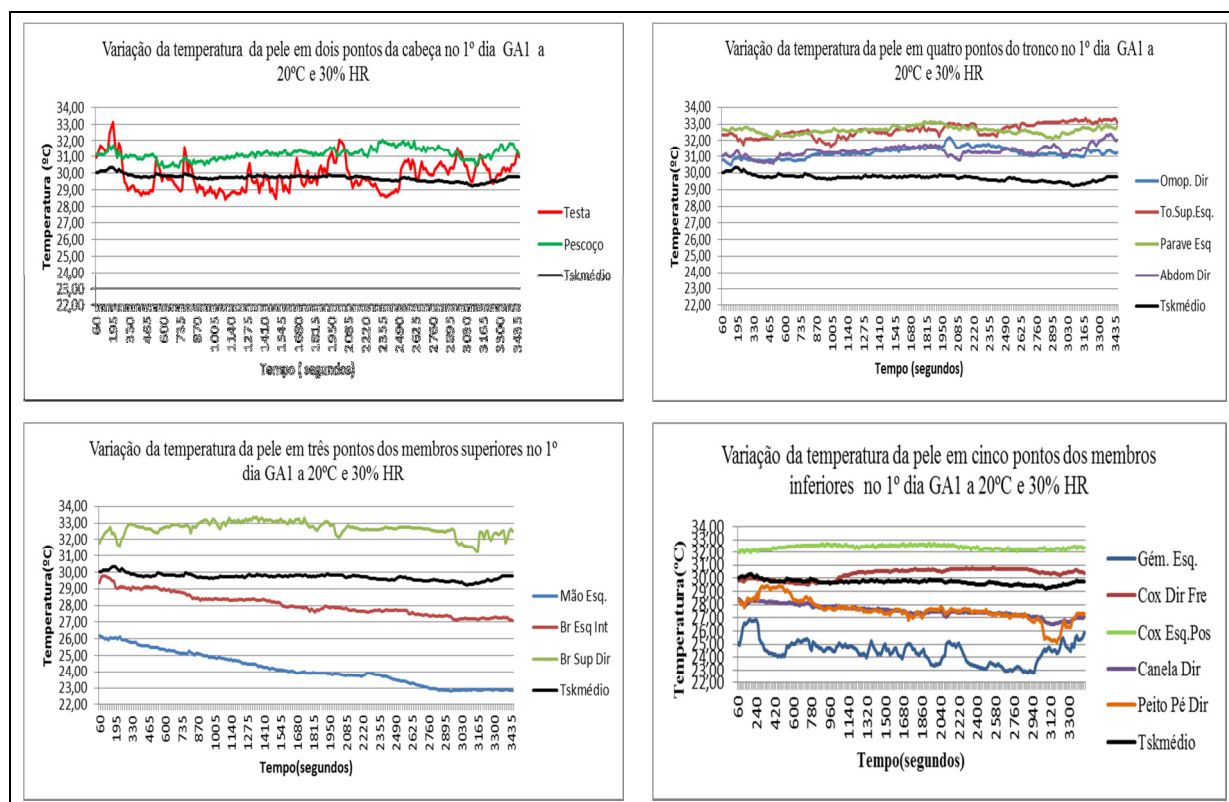


Figura 36 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (1º dia - GA1)

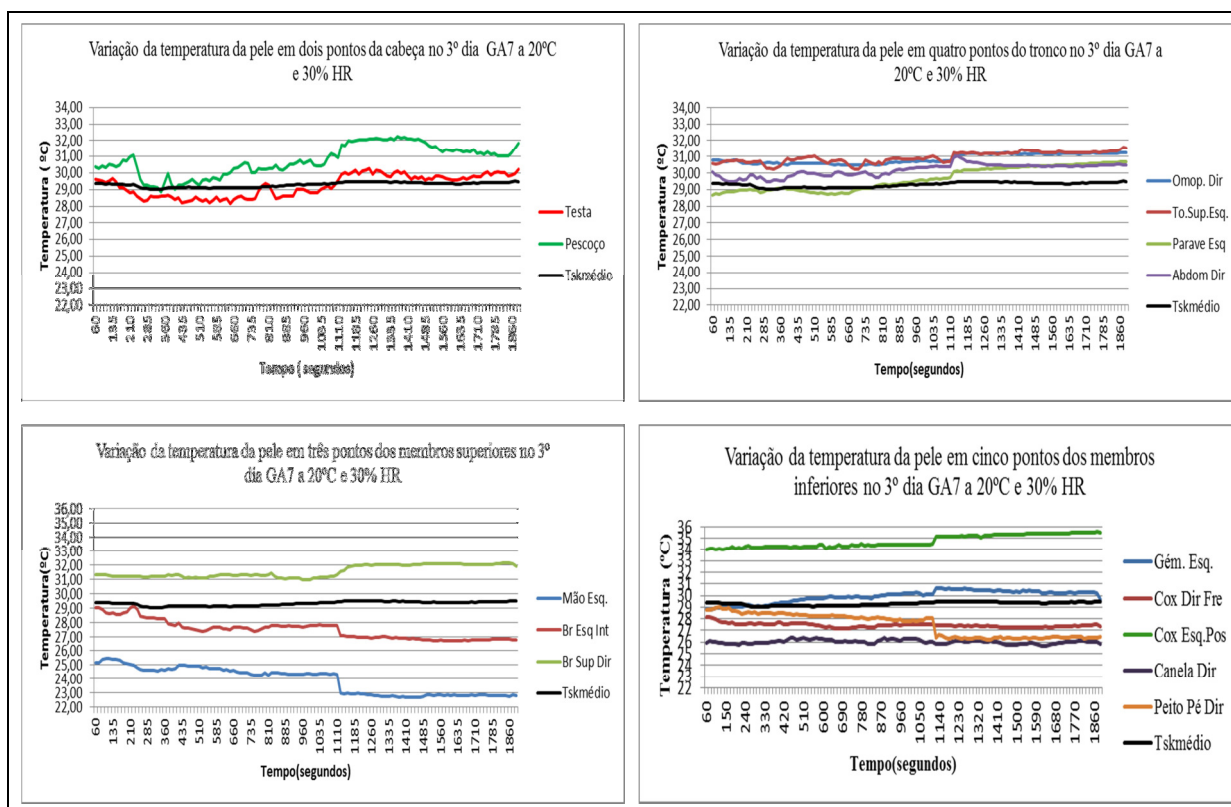


Figura 37 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (3º dia - GA7)

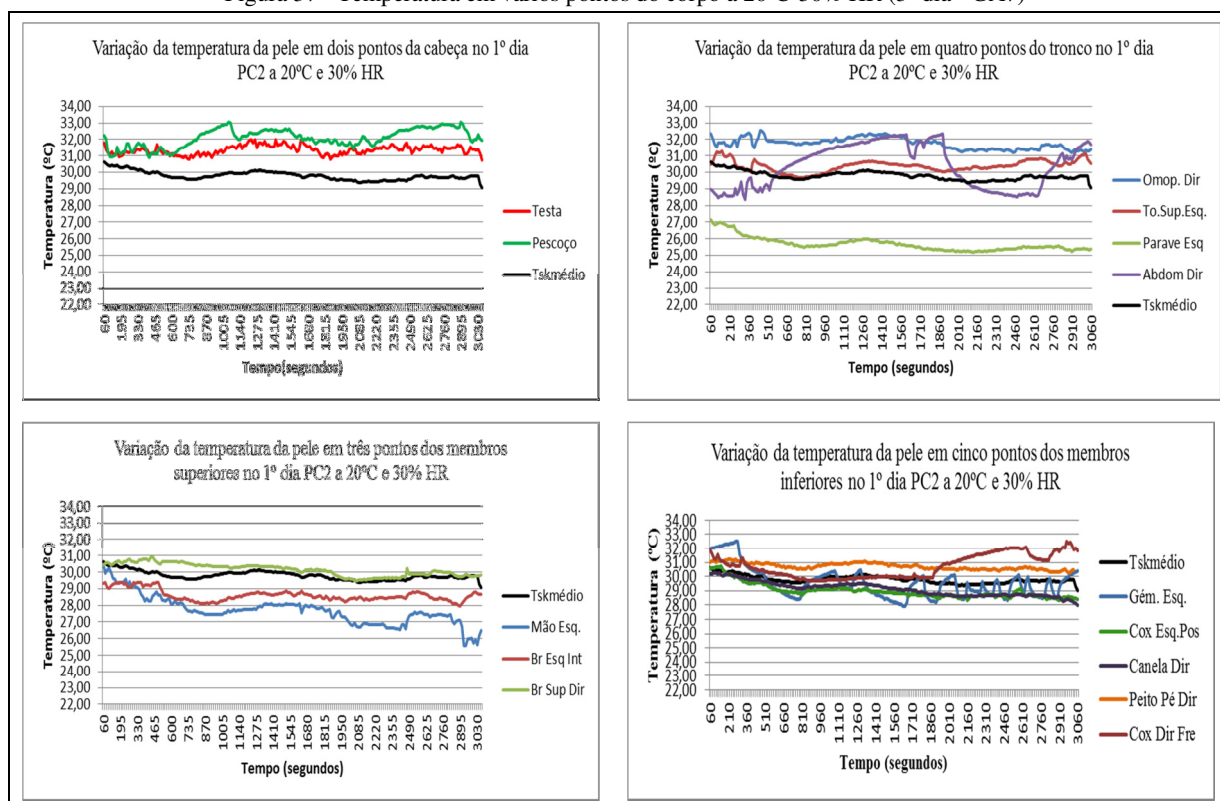


Figura 38 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (1º dia - PC2)

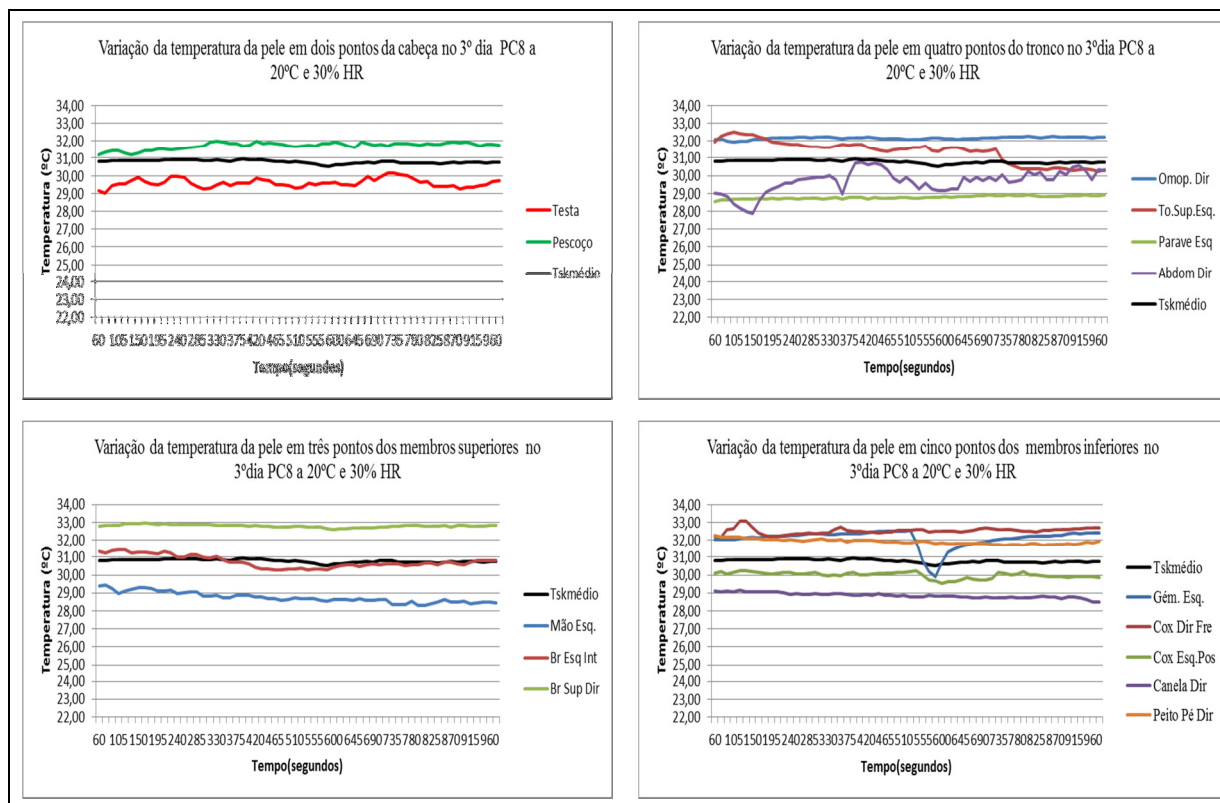


Figura 39 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (3º dia - PC8)

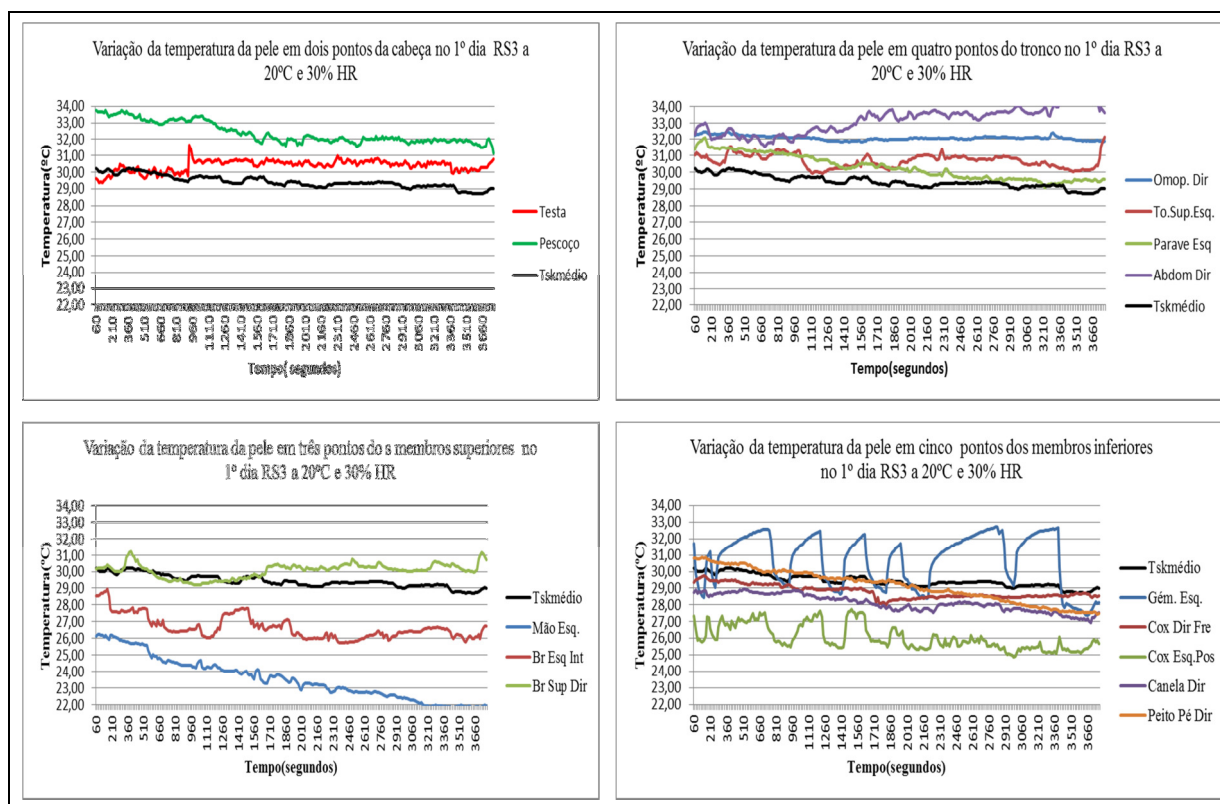


Figura 40 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (1º dia - RS3)

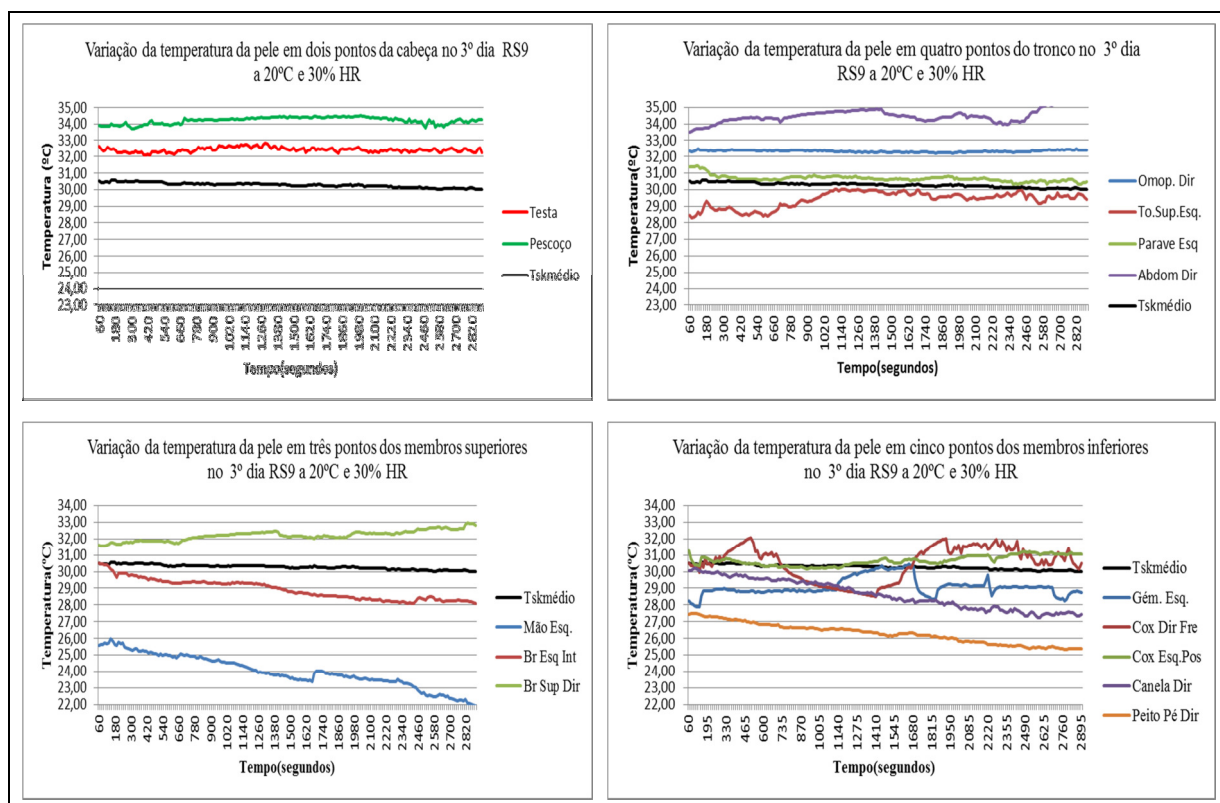


Figura 41 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C-30% HR (3º dia - RS9)



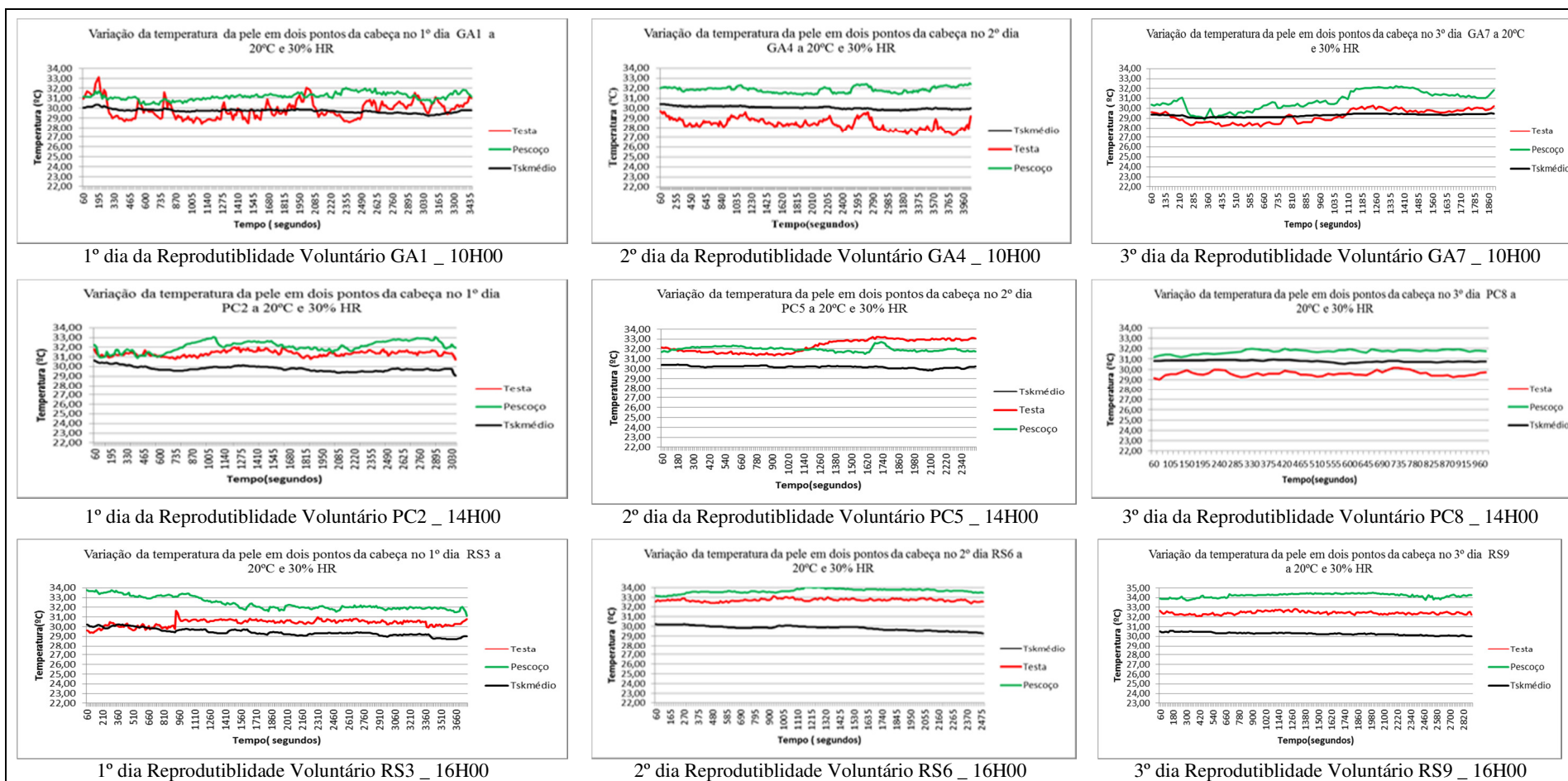


Figura 42 - Temperatura média, testa e pescoço durante 3 dias para cada voluntário.

## Sensação térmica

No que se refere aos questionários de sensação térmica, foram realizados dois questionários em cada ensaio: um para responder à sensação térmica no início dos ensaios e outro para reportar a sensação térmica no final dos ensaios. Apresentam-se aqui os resultados dos ensaios efetuados em 3 dias consecutivos por três voluntários diferentes a três diferentes horas do dia; manhã (09h00), e dois ensaios de tarde às 14H00 e às 16H00.

Na Tabela 29 apresentam-se os resultados da sensação térmica à entrada da câmara dos três voluntários.

Na Figura 43 ilustra-se a sensação térmica do voluntário registado com o código “PC” a para mais fácil visualização da sensação. Não se apresentam aqui os gráficos de dois dos voluntários GA e RS, pois não sofreram qualquer alteração do primeiro para o terceiro dia tendo sido a sensação térmica de ligeiramente fresco tal como já referido na Tabela 29.

Tabela 29 - Resultado da sensação à entrada da câmara

| Voluntário e condição | Resultado da sensação  |
|-----------------------|--|
| GA a 20°C-30%HR       | Não sofreu qualquer alteração na sensação do 1º para o 3º dia sendo a sensação de ligeiramente fresco que predominou |
| PC a 20°C-30%HR       | Sofreu alteração no 3º dia tal como se vê na Figura 43   |
| RS a 20°C-30%HR       | Não sofreu qualquer alteração na sensação do 1º para o 3º dia sendo a sensação de ligeiramente fresco que predominou |

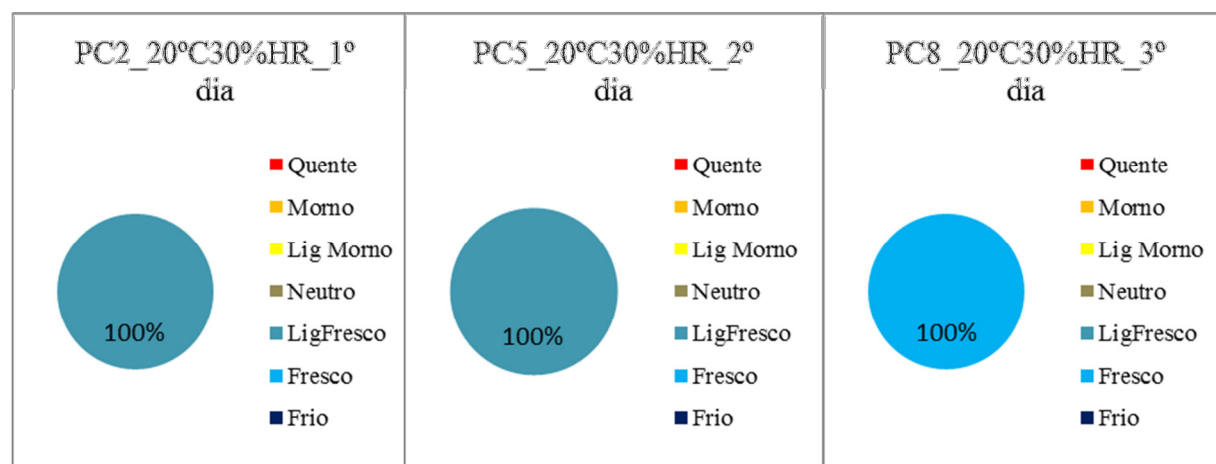


Figura 43 - Sensação térmica à entrada da câmara (PC às 14H00)

Quanto à sensação térmica à saída da câmara, verificou-se que para o voluntário GA não houve qualquer alteração na sensação durante os três dias, já para dois voluntários que realizaram o ensaio durante a tarde sofreram alterações na sensação durante os três dias, tal como se pode comprovar pela Tabela 30 e Figuras 44 e 45.

Tabela 30 - Resultado da sensação à saída da câmara

| Voluntário e condição | Resultado da sensação   |
|-----------------------|---|
| GA a 20°C 30%HR       | Não sofreu qualquer alteração na sensação do 1º para o 3º dia sendo a sensação de ligeiramente fresco que predominou                |
| PC a 20°C 30%HR       | Sofreu alteração na sensação nos 3 dias, passando de ligeiramente fresco no 1º dia para frio no 2º dia e fresco no 3º dia Figura 44 |
| RS a 20°C 30%HR       | Sofreu alteração na sensação nos 3 dias, passando de fresco no 1º dia para frio no 2º dia e fresco no 3º dia Figura 45              |

Nas Figuras 44 e 45 apresentam-se os resultados dos voluntários PC e RS, a sensação térmica no 2º dia é a mesma no entanto variou nos restantes dias.

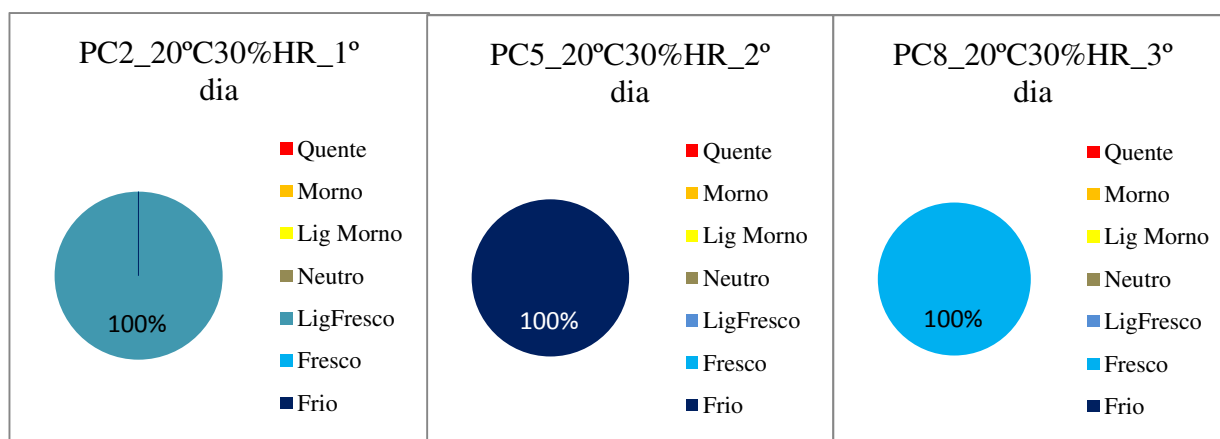


Figura 44 - Sensação térmica à saída da câmara (PC às 14H00)

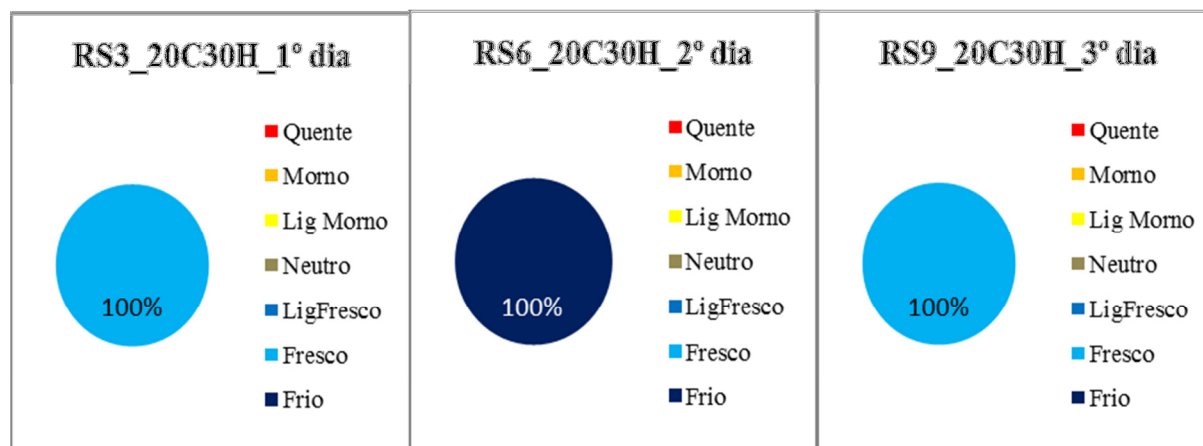


Figura 45 - Sensação térmica à saída da câmara (RS às 16H00)

### 3.5.1.5 Resultados do tratamento EEG

Com a finalidade de analisar a evolução decorrente do ritmo circadiano, verificou-se o comportamento da atividade cerebral a horas diferentes e posteriormente sempre à mesma hora. Para tal, foi analisada a amplitude do sinal das ondas cerebrais dos diferentes voluntários às diferentes horas do dia.

### Variação da amplitude das ondas Alfa O1 a 20°C 30% HR

Para início do estudo apenas se apresenta o comportamento das ondas *Alfa O1* correspondente ao hemisfério esquerdo, entre o primeiro e o terceiro dia de exposição para as condições ambientais: 20°C-30% HR. Do primeiro ao terceiro dia de exposição o Voluntário (GA) realizou ensaios às 09H00. O resultado da variação da amplitude de sinal EEG das ondas *Alfa O1* é o que se apresenta nas Figuras 46 e 47.

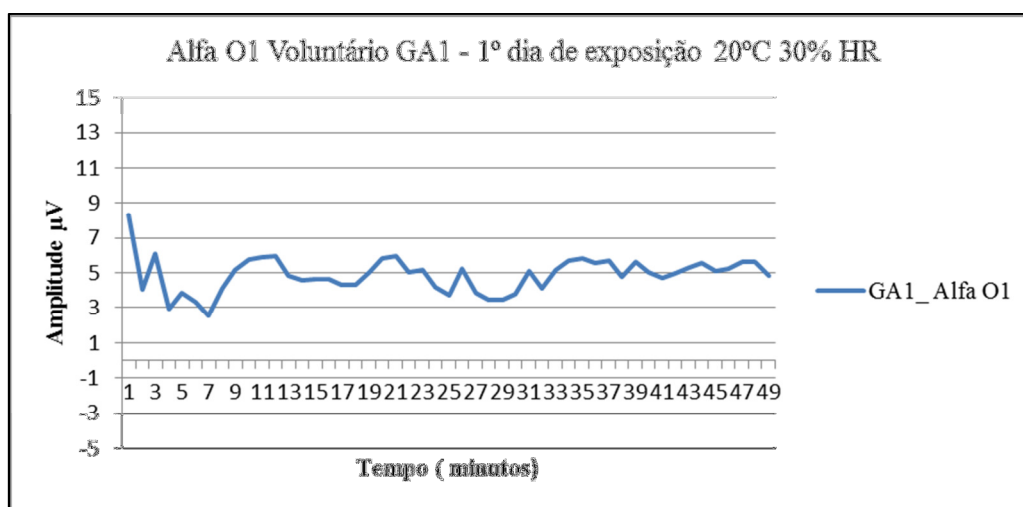


Figura 46 - Amplitude das ondas *Alfa O1* (GA1 - 1º dia) a 20°C-30% HR

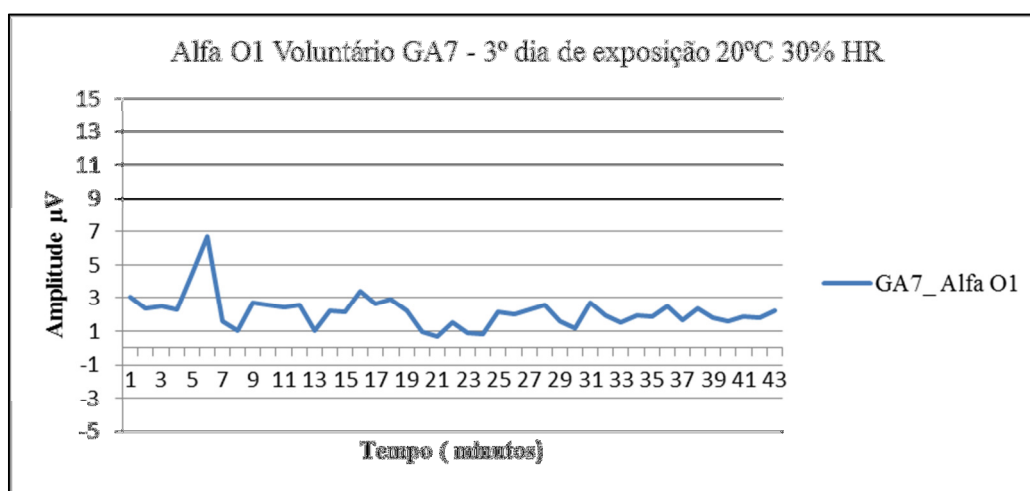
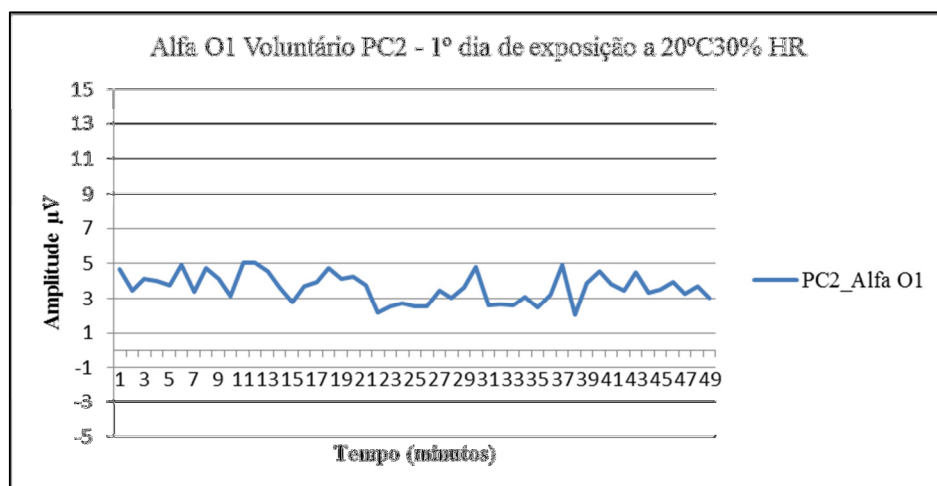
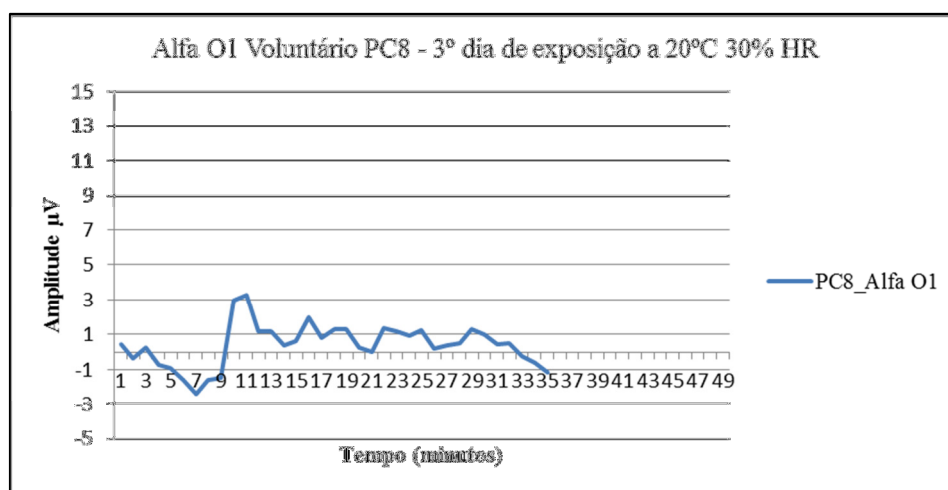


Figura 47 - Amplitude das ondas *Alfa O1* (GA7 - 3º dia) a 20°C-30% HR

A exposição para o segundo voluntário denominado (PC) foi realizada pelas 14H00. O resultado da variação da amplitude de sinal EEG das ondas *Alfa O1* é o que se apresenta nas Figuras 48 e 49.



Figura 48 - Amplitude das ondas *Alfa O1* (PC2 - 1º dia) a 20°C-30% HRFigura 49 - Amplitude das ondas *Alfa O1* (PC8 - 3º dia) a 20°C-30% HR

Nas figuras 50 e 51 encontram-se representados os valores das ondas *Alfa O1* ao longo dos ensaios, realizados pelas 16h00, para o voluntário RS.

Como resultados globais destes ensaios-piloto, verificou-se para o conjunto dos voluntários uma descida no valor da amplitude média das ondas ao longo do tempo entre o primeiro e o terceiro dia.

No primeiro dia de exposição verifica-se que, existe um esforço constante ao longo do tempo com um valor de amplitude a aumentar para o final dos ensaios.

No terceiro dia de exposição a tendência dos resultados é semelhante mas com valores de amplitude menores.

Na Tabela 31, apresentam-se as equações de ajuste com polinómios de 3º grau para cada conjunto de dados.

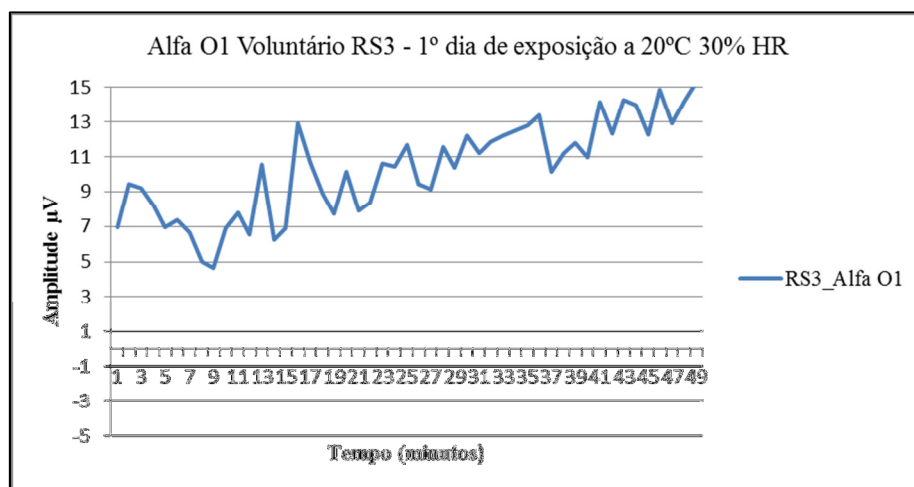
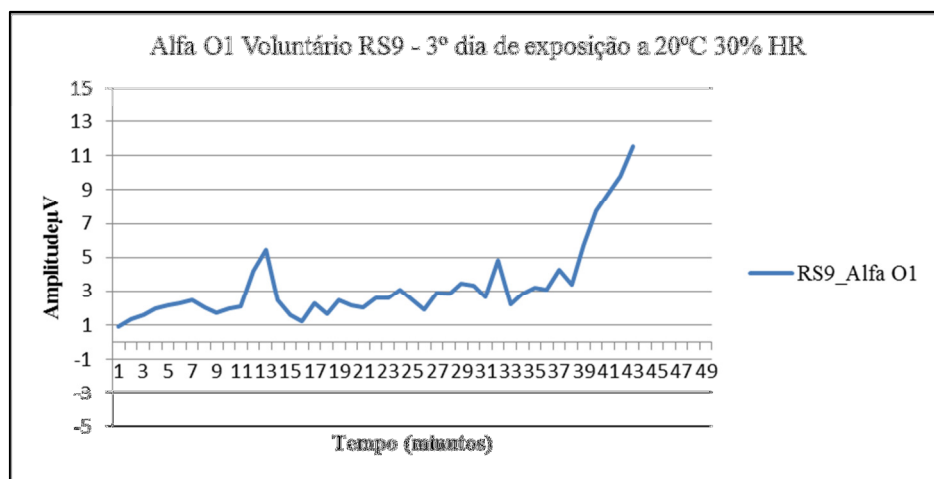
Figura 50 - Amplitude das ondas *Alfa O1* (RS3 - 1º dia) a 20°C-30% HRFigura 51 - Amplitude das ondas *Alfa O1* (RS9 - 3º dia) a 20°C-30% HR

Tabela 31 - Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste

| Legenda                         | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|---------------------------------|---|
| GA1- <i>Alfa O1</i> 20°C-30%HR  | $y = -3E-05x^3 + 0,0034x^2 - 0,0869x + 5,2522$          |
| PC2- <i>Alfa O1</i> -20°C-30%HR | $y = 0,0002x^3 - 0,0109x^2 + 0,1265x + 3,834$           |
| RS3- <i>Alfa O1</i> -20°C-30%HR | $y = -0,0003x^3 + 0,0185x^2 - 0,2176x + 8,0664$         |
| GA7- <i>Alfa O1</i> -20°C-30%HR | $y = 5E-06x^3 + 0,0015x^2 - 0,1039x + 3,3906$           |
| PC8- <i>Alfa O1</i> -20°C-30%HR | $y = -0,0003x^3 + 0,0075x^2 + 0,0425x - 0,6758$         |
| RS9- <i>Alfa O1</i> -20°C-30%HR | $y = 0,0007x^3 - 0,036x^2 + 0,572x + 0,0241$            |

Nas Figuras 52, 53 e 54 são apresentadas as curvas das funções ajustadas para cada um dos voluntários.

Pela Tabela 32 verifica-se, que em todos os voluntários, há uma descida nos valores médios da amplitude do sinal do primeiro para o terceiro dia, não tendo sido encontrado nenhum autor que se tenha referido a este pormenor.

Tabela 32 - Valor médio das amplitudes das ondas Alfa O1 entre o 1º e 3º dia

|             | GA Alfa O1 |        | PC Alfa O1 |        | RS Alfa O1 |        |
|-------------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
|             | 1º dia     | 3º dia | 1º dia     | 3º dia | 1º dia     | 3º dia |
| 20°C 30% HR | 4,9        | 2,1    | 3,6        | 0,4    | 10,1       | 3,3    |

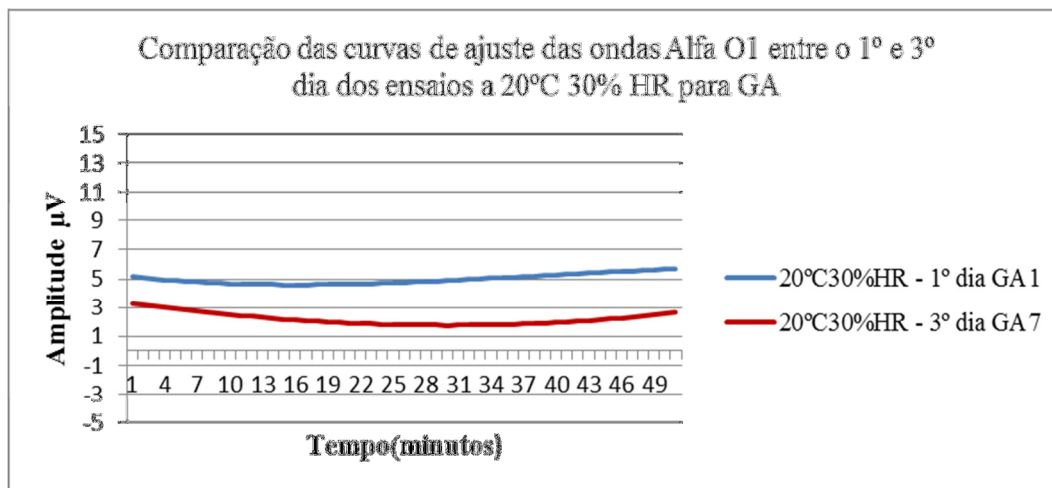


Figura 52 - Curvas de ajuste das ondas Alfa O1 (GA - 1º e 3º dia) a 20°C-30% HR

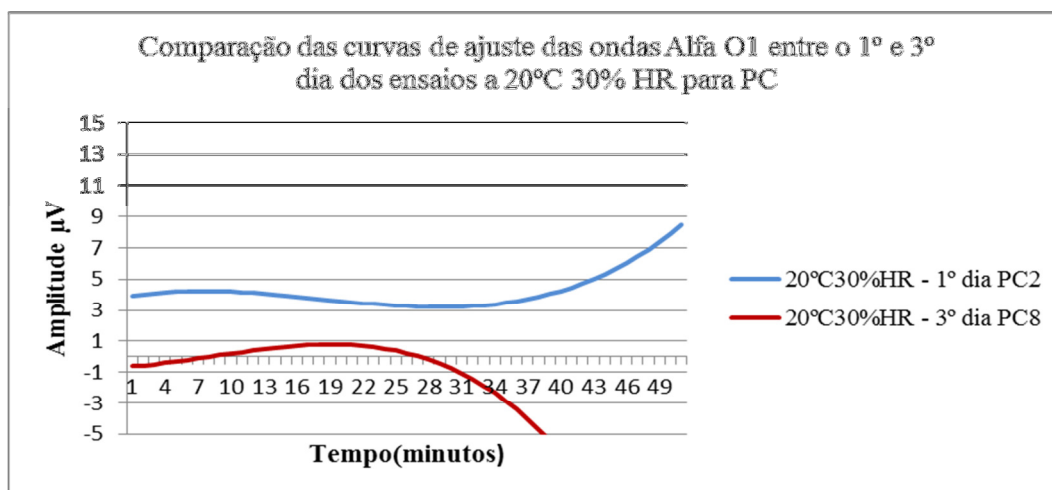


Figura 53 - Curvas de ajuste das ondas Alfa O1 (PC - 1º e o 3º dia) a 20°C-30% HR

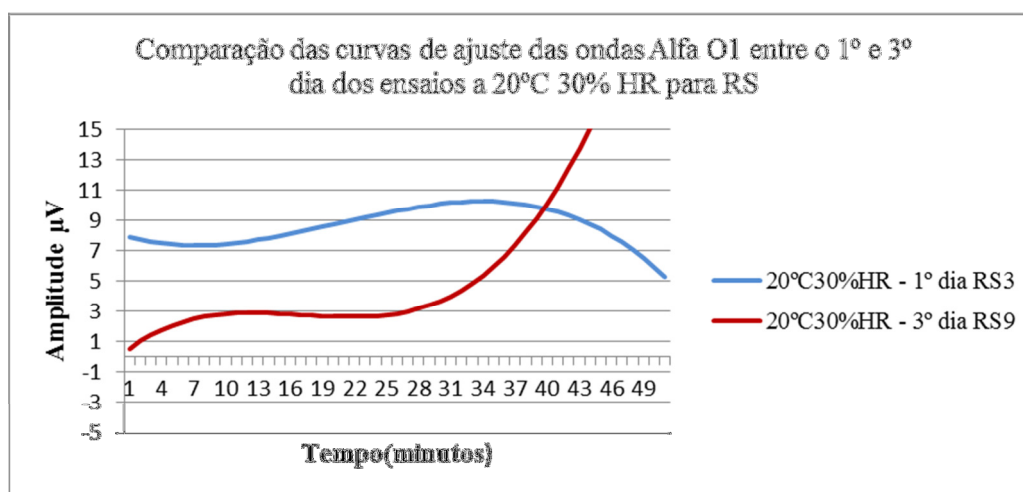


Figura 54 - Curvas de ajuste das ondas Alfa O1 (RS - 1º e 3º dia) a 20°C-30% HR

### **3.5.1.6 Discussão do teste piloto - repetibilidade e reprodutibilidade**

#### **Sensação Térmica**

Quanto à sensação térmica à entrada da câmara, verificou-se que dois dos voluntários GA e RS, não sofreram qualquer alteração do primeiro para o terceiro dia tendo sido a sensação térmica de ligeiramente fresco. Relativamente à saída da câmara nos três voluntários estudados não se verificou uma condição que tenha predominado. Esta situação pode ser devida a variações pontuais dos diferentes indivíduos o que se pode considerar ter origem psicofísica, ou mesmo pelo facto de ser uma amostra pequena de três indivíduos com ensaios realizados durante apenas três dias. No entanto sabe-se que a sensação geral variou de frio a ligeiramente fresco, como seria de esperar tendo em conta a condição ambiental a que estiveram submetidos.

#### **Temperatura da pele**

Apesar das diferentes características antropométricas individuais, os três indivíduos atingiram um nível de temperatura de pele local muito semelhante após três dias.

Pelos resultados apresentados pode concluir-se que a temperatura média  $t_{skm}$  para cada voluntário variava ligeiramente, dependendo do dia do ensaio. A temperatura local da pele varia, tendo tendência a estabilizar, do 1º para o 3º dia, ou seja, à medida que o indivíduo aumenta o tempo de permanência sujeito a essa condição ambiental, a “aclimação” faz-se sentir, mesmo para temperaturas consideradas “de conforto”. Pelos dados recolhidos verifica-se que com um tempo de aclimação de apenas três dias a resposta fisiológica vai estabilizando, sendo a resposta mais previsível.

A temperatura parece mais estável na cabeça e no tronco, tendo-se verificado que foi nos membros, quer superiores, quer inferiores para quase todos os ensaios que se encontraram as temperaturas mínimas. As temperaturas máximas do corpo foram encontradas tanto na cabeça, tronco ou mesmo no braço para cada um dos voluntários.

No tronco, a temperatura mais uniforme é a da omoplata, de resto verifica-se grande dificuldade de uniformização de temperatura em todos os ensaios, nomeadamente, num dos voluntários que por sinal tem IMC superior aos restantes voluntários. A temperatura do abdómen no mesmo indivíduo (PC) é o ponto com maior heterogeneidade.

Existe uma maior estabilidade da temperatura inter-indivíduos, ao fim de três dias de aclimação, e é a cabeça a parte do corpo onde existe maior estabilidade.

O passo seguinte foi então avaliar a evolução da temperatura da pele num período mais longo de aclimação, pelo que se decidiu avançar com ensaios de 8 dias de aclimação nos testes preliminares.

#### **EEG**

Os resultados apresentados neste ponto correspondem ao primeiro conjunto de testes onde se fez a aferição dos ensaios que foram desenvolvidos posteriormente. Pela Tabela 32, verifica-

se que em todas as situações testadas, a diferentes horas do dia, o comportamento da atividade cerebral, foi similar, ou seja, a amplitude média das ondas *Alfa O1* diminuiu do 1º para o 3º dia em todos os ensaios.

Na generalidade, os dados são interessantes uma vez que apontam todos no mesmo sentido, pelo que deverão ser analisados cuidadosamente com a realização de mais ensaios com o objetivo de ver a efetiva tendência de evolução da amplitude das frequências com a aclimação.

### **3.5.2 Testes de aclimação**

Tal como já referido, o número total de voluntários envolvido neste ensaio foi de 2, do sexo masculino. Os voluntários realizaram os ensaios durante oito dias sempre à mesma hora, um a 20°C-60% HR e outro a 32°C - 60% HR.

#### **3.5.2.1 Considerações iniciais**

Os ensaios de aclimação consistiram em realizar os ensaios em oito dias consecutivos à mesma hora com dois voluntários diferentes. Os ensaios decorreram no início da tarde, em duas condições ambientais diferentes, mantendo a mesma humidade mas alterando a temperatura, ou seja: 20°C-60% HR e 32°C-60% HR e nestas condições foi simulada uma atividade sedentária.

A principal razão da escolha do valor da humidade para estes ensaios, prende-se com a descrição de frio por parte dos primeiros voluntários quando realizaram os ensaios a 20°C e 30% HR e com a tentativa de aproximar um pouco mais o valor da humidade para o que se considera na literatura (Yao, Lian, Liu, & Shen, 2008) como valor de conforto.

Segundo Ribeiro (2010) a medição da temperatura média da pele pode não refletir os efeitos da aclimação. Após 14 dias de exercício (60 min, 60% de  $VO_{2max}$ ) este autor relata uma diminuição ( $p < 0,01$ ) na temperatura retal, ao passo que não houve diferenças na temperatura média da pele, em repouso ( $34,2C \pm 0,7$  e  $34,4\text{ }^{\circ}C \pm 1,02$ ) antes e depois, respetivamente, ou ao 40º minuto do exercício realizado em ambiente quente e húmido ( $36,09^{\circ}C \pm 1,09$  e  $36,11^{\circ}C \pm 1,35$ ). O mesmo autor refere que a temperatura corporal também está sujeita ao ritmo circadiano, podendo haver a variação até cerca de 1°C ao longo do dia num sujeito normal (Ribeiro, 2010). De notar que as indicações deste autor não coincidem com os resultados obtidos no presente estudo. Apesar disso foram tomadas em atenção nos testes de aclimação realizados.

Tal como nos ensaios de repetitividade, era preenchida uma ficha individual (Anexo 9) e os voluntários eram instruídos para não beberem café nem álcool nas 12 horas anteriores ao ensaio e para descansarem bem na noite anterior ao mesmo. Seguidamente o voluntário

entrava na câmara sem qualquer tempo de estabilização prévio da temperatura da pele. No interior da câmara era colocado o *Emotiv*.

Os voluntários repetiam os mesmos procedimentos descritos para os testes de repetibilidade. O critério para terminar estes ensaios foi o de ser atingida qualquer uma das seguintes situações:

- Terminar os quatro testes da bateria cognitiva (SRT, DSpan, Satest, Go-No-Go);
- Sentir algum sintoma, como vertigens ou náuseas;
- A temperatura interna atingir 38,5°C (medida por termómetro ingerível), caso aplicável;
- A frequência cardíaca atingir 165ppm (medida com os elétrodos da GE – Healthcare);
- Qualquer outro sintoma de stresse por calor, caso aplicável.

Em relação à frequência cardíaca e como o valor mencionado de 165 ppm nunca foi atingido, tendo em conta que se tratava de uma atividade sedentária, considerou-se que era desnecessário monitorizar este parâmetro nos ensaios finais.

### 3.5.2.2 Condições ambientais exteriores

Apresentam-se nas Tabelas 33 e 34 os valores médios das condições ambientais exteriores<sup>12</sup> ao longo dos oitos dias dos ensaios de aclimação que decorreram a 20°C-60% HR e 32°C-60% HR respetivamente.

Tabela 33 - Condições ambientais exteriores dos ensaios a 20°C-60% HR

| Dia/ Hora* | Temp.<br>°C | HR<br>% | Rad<br>atm<br>W.m <sup>-2</sup> | Pressão<br>atm<br>hPa | Direção do<br>vento (°) | Radiação<br>solar difusa<br>W.m <sup>-2</sup> | Radiação solar<br>global<br>W.m <sup>-2</sup> | Velocidade<br>vento<br>m.s <sup>-1</sup> |
|------------|-------------|---------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|---|---|--|
| 2013.02.19 | 12,8        | 77,3    | 265,1                           | 994,0                 | 1,1                     | 152,3   | 188,8   | 1,5                                      |
| 2013.02.20 | 12,3        | 84,7    | 298,9                           | 999,0                 | 14,3                    | 66,5  | 68,1  | 2,1                                      |
| 2013.02.21 | 14,3        | 94,6    | 301,5                           | 993,6                 | 0,1                     | 114,5   | 120,4   | 3,5                                      |
| 2013.02.22 | 11,2        | 84,9    | 291,8                           | 987,0                 | 0,9                     | 99,3  | 135,8   | 2,6                                      |
| 2013.02.23 | 11,4        | 43,6    | 202,8                           | 1002,3                | 0,9                     | 88,1  | 407,8   | 2,2                                      |
| 2013.02.25 | 12,3        | 33,9    | 196,9                           | 1007,6                | 1,4                     | 58,1  | 413,0   | 2,4                                      |
| 2013.02.26 | 12,4        | 41,1    | 196,3                           | 1006,1                | 0,3                     | 59,3  | 408,2   | 1,6                                      |
| 2013.02.27 | 10,1        | 55,0    | 233,7                           | 999,0                 | 0,2                     | 134,7   | 368,3   | 3,0                                      |

\*Os ensaios foram todos realizados às 15h00

<sup>12</sup> Dados recolhidos no Laboratório de Física das Construções – LFC (2009) Estação Meteorológica do LFC / Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. In <http://experimenta.fe.up.pt/estacaometeorologica/> consultado em 19.07.2013

Tabela 34 - Condições ambientais exteriores dos ensaios a 32°C-60% HR

| Dia/ Hora* | Temp. (°C) | HR (%) | Rad atm (W/m <sup>2</sup> ) | Pressão (hPa) | Direção do vento (°) | Radiação solar difusa (W.m <sup>-2</sup> ) | Radiação solar global (W. m <sup>-2</sup> ) | Velocidade do vento (m.s <sup>-1</sup> ) |
|------------|------------|--------|-----------------------------|---------------|----------------------|--|---|--|
| 2013.03.06 | 13,9       | 99,7   | 308,7                       | 983,7         | 6,6                  | 98,3                                       | 100,3                                       | 3,6                                      |
| 2013.03.07 | 12,1       | 95,2   | 310,2                       | 985,2         | 1,2                  | 74,8                                       | 75,6  | 3,0                                      |
| 2013.03.08 | 15,0       | 70,5   | 253,3                       | 991,0         | 0,4                  | 199,4                                      | 361,5                                       | 3,1                                      |
| 2013.03.11 | 11,7       | 85,1   | 273,8                       | 993,5         | 0,2                  | 42,1                                       | 66,6  | 3,1                                      |
| 2013.03.12 | ND         | ND     | ND                          | ND            | ND                   | ND   | ND  | ND                                       |
| 2013.03.13 | ND         | ND     | ND                          | ND            | ND                   | ND   | ND  | ND                                       |
| 2013.03.14 | 13,1       | 44,5   | 204,0                       | 1008,0        | 0,1                  | 98,4                                       | 619,2                                       | 1,3                                      |
| 2013.03.16 | 13,4       | 60,8   | 292,3                       | 992,5         | 0,4                  | 124,9                                      | 125,9                                       | 2,4                                      |

\*Os ensaios foram todos realizados às 15h00

ND- Dados não disponíveis (consultado a 28.06.2014, <http://experimenta.fe.up.pt/estacaometeorologica>)

### 3.5.2.3 Avaliação antropométrica

Neste ponto é apresentada a caracterização da amostra e as condições físicas do ensaio. A coluna código da Tabela 35 lê-se do mesmo modo tal como foi apresentada nos testes de reprodutibilidade.

A Tabela 35 mostra as características antropométricas básicas da amostra, a partir das quais o índice de massa corporal (IMC) foi calculado.

Tabela 35 - Variáveis ambientais e, antropométricas

| Código         | Set Point<br>°C_ % | Data<br>dd:mm:ano | Hora  | Altura<br>m | Peso Inicial<br>kg | Peso Final<br>kg | IMC  | CO <sub>2</sub> inicial<br>ppm | CO <sub>2</sub> final<br>ppm |
|----------------|--------------------|-------------------|-------|-------------|--------------------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|
| TR0010_2060_A1 | 20C60HR            | 19-Feb-13         | 15h00 | 1,71        | 66,9               | 66,7             | 22,9 | 457,0                          | 1154,0                       |
| TR0011_2060_A2 |                    | 20-Feb-13         |       | 1,71        | 67,7               | 67,7             | 23,2 | 461,0                          | 1152,0                       |
| TR0012_2060_A3 |                    | 21-Feb-13         |       | 1,71        | 67,7               | 67,7             | 23,2 | 601,0                          | 719,0                        |
| TR0013_2060_A4 |                    | 22-Feb-13         |       | 1,71        | 67,9               | 67,9             | 23,2 | 436,0                          | 799,0                        |
| TR0014_2060_A5 |                    | 23-Feb-13         |       | 1,71        | 66,7               | 66,6             | 22,8 | 498,0                          | 765,0                        |
| TR0015_2060_A6 |                    | 25-Feb-13         |       | 1,71        | 67,6               | 67,5             | 23,1 | 451,0                          | 804,0                        |
| TR0016_2060_A7 |                    | 26-Feb-13         |       | 1,71        | 67,4               | 67,2             | 23,0 | 621,0                          | 683,0                        |
| TR0017_2060_A8 |                    | 27-Feb-13         |       | 1,71        | 66,6               | 66,5             | 22,8 | 556,0                          | 816,0                        |
| FJ0019_3260_A1 | 32C60HR            | 06-Mar-13         | 16h00 | 1,786       | 85,2               | 85,2             | 26,7 | 670,0                          | 609,0                        |
| FJ0020_3260_A2 |                    | 07-Mar-13         |       | 1,786       | 84,7               | 84,4             | 26,5 | 409,0                          | 688,0                        |
| FJ0021_3260_A3 |                    | 08-Mar-13         |       | 1,786       | 84,0               | 83,9             | 26,3 | 415,0                          | 699,0                        |
| FJ0022_3260_A4 |                    | 11-Mar-13         |       | 1,786       | 84,4               | 84,3             | 26,4 | 401,0                          | 695,0                        |
| FJ0023_3260_A5 |                    | 12-Mar-13         |       | 1,786       | 83,8               | 83,7             | 26,3 | 422,0                          | 733,0                        |
| FJ0024_3260_A6 |                    | 13-Mar-13         |       | 1,786       | 84,0               | 83,9             | 26,3 | 438,0                          | 764,0                        |
| FJ0025_3260_A7 |                    | 14-Mar-13         |       | 1,786       | 84,8               | 84,7             | 26,6 | 426,0                          | 711,0                        |
| FJ0026_3260_A8 |                    | 16-Mar-13         |       | 1,786       | 84,3               | 84,1             | 26,4 | 610,0                          | 686,0                        |

### 3.5.2.4 Resultados da temperatura da pele, 20°C - 60% HR e 32°C - 60% HR

Neste ponto apresentam-se os resultados dos ensaios de aclimação executados por dois voluntários em duas condições: 20°C-60% HR e 32°C-60% HR. Analisou-se a temperatura da pele durante uma hora ao longo de oito dias de aclimação em cada condição.

#### Comportamento da temperatura da pele nos diferentes pontos medidos

Relativamente à  $t_{skm}$  e à temperatura média da pele nos diferentes pontos medidos, a Figura 55 representa a variação da temperatura média da pele a 20°C-60% HR no 1º e 8º dia

de exposição para um voluntário e a Figura 56 representa a variação da temperatura média da pele a 32°C-60% HR entre o 1º e o 8º dia para os mesmos pontos para o outro voluntário. Nestes ensaios, demonstrou-se a evolução do comportamento da temperatura entre o primeiro e o oitavo dia, considerando uma aclimação de oito dias.

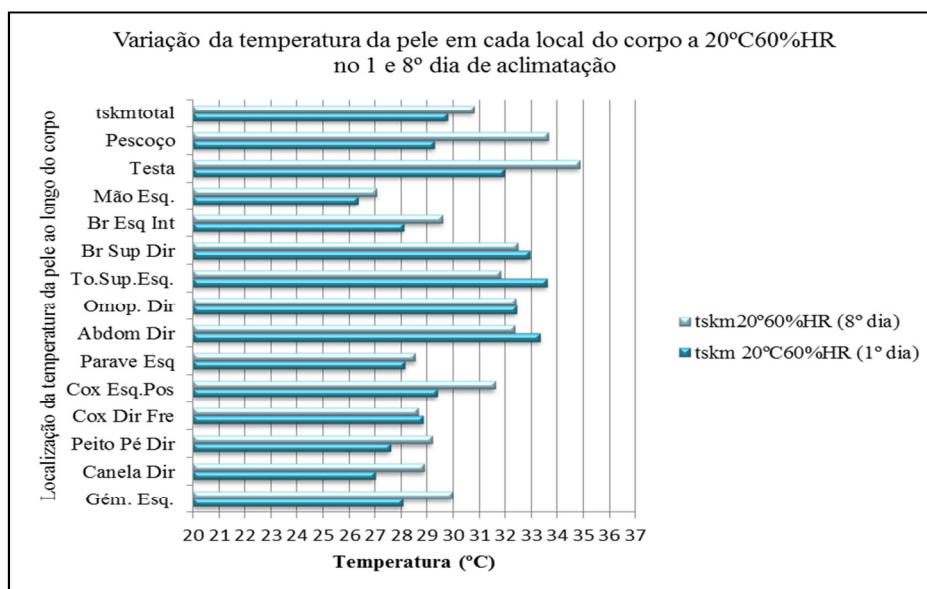


Figura 55 - Temperatura média local da pele a 20°C-60% HR (1º e 8º dia).

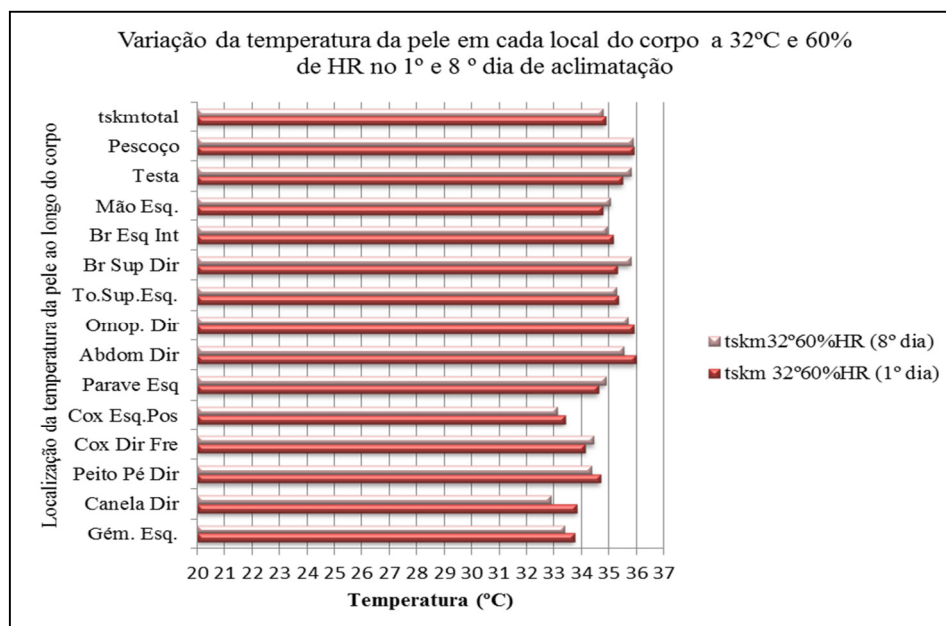


Figura 56 - Temperatura média local da pele a 32°C-60% HR (1º e 8º dia)

Como é já conhecido, a temperatura média da pele ( $t_{skm}$ ) tem uma boa correlação com a sensação de conforto (Lan, et al., 2009; Tham, K. W., & Willem, H. C., 2010). No entanto, ainda há divergências de opinião sobre a correlação entre a temperatura média e outros índices, como o desempenho. Após a realização destes ensaios e a fim de verificar em que



medida a temperatura da pele pode ser um indicador eficaz para avaliar a influência do ambiente térmico sobre a resposta cognitiva em atividades sedentárias, alguns autores apontam alguns pontos que poderiam conduzir a essa informação e um deles estará na face, pois é uma zona de sensibilidade térmica (Cheung, 2007).

Por outro lado, Insler, S. R., & Sessler, D. I. (2006) acrescentam ainda que as mudanças de comportamento são cerca de 50% determinadas pela temperatura da pele. Alguns autores sugerem que a temperatura da pele causa efeitos no desempenho (Vernacchia A R. & Hartley, S. V., 1999), outros autores como Pepler & Warner (1968) Sundstrom (1987) e Hartley, M.D & McCabe, J. (2001) sugerem, por outro lado, que não existe uma correlação direta entre a temperatura da pele e o desempenho.

Os resultados obtidos apontam com clareza no sentido da existência de uma aclimação diferenciada quando se trata de ambientes quentes e ambientes frios. No entanto, estes resultados não coincidem com muitos dos encontrados na literatura e em organismos internacionais. Sem discutir os resultados apresentados por autores como Olesen B.W. & Fanger, P.O. (1973), mas atendendo ao rigor colocado nos ensaios efetuados neste estudo, parece ser uma conclusão óbvia que o processo e o tempo de aclimação é diferente para ambientes quentes e para ambientes frios. Será ainda importante verificar qual a influência do diferencial entre a temperatura de partida e a de aclimação no tempo necessário à adaptação do organismo às novas condições ambientais. Este conhecimento é da maior importância para o mundo do trabalho, nomeadamente para as profissões em que as condições laborais exigem uma boa capacidade de adaptação climática. A necessidade de aclimação, ocorre também em setores onde existe a deslocação intercontinental de trabalhadores, ou mesmo, para simples turistas.

Após todos os ensaios realizados, foi verificada maior estabilidade da temperatura da pele ao longo do tempo, após aclimação. No entanto, apesar destas vantagens, após ponderar as questões logísticas associadas, nomeadamente a complexidade da monitorização, o conforto dos voluntários e a necessidade de disponibilidade por parte de um grande número de voluntários por longos períodos de tempo consecutivos, foi decidido que nos Ensaios Finais, o trabalho iria decorrer com voluntários não aclimatados e com monitorização apenas de pontos na cabeça (testa e pescoço).

### **Variação da temperatura média, máxima e mínima da pele durante uma hora**

Apresenta-se neste ponto a variação da temperatura média, máxima e mínima da pele ao longo de oito dias de aclimação a 20°C-60% HR e 32°C-60% HR.

Quanto ao comportamento da temperatura média da pele  $t_{skm}$ , no decorrer dos ensaios, foi verificado um comportamento diferente para a aclimação em ambiente quente (32°C) e em ambiente fresco (20°C). Em ambiente quente, durante o processo de aclimação, ocorreu uma descida na temperatura média da pele ( $t_{skm}$ ) em cerca de 1°C no início do ensaio após aclimação. No final do ensaio, este diferencial de temperatura é recuperado (Figura 57).

Uma situação inversa passou-se em ambiente mais fresco 20°C e 60% HR (Figura 58). Neste caso, o processo de aclimação provocou uma subida de temperatura da pele em cerca de 1°C, verificável no início do ensaio. Com o decorrer do ensaio, este diferencial desvanece-se retomando os valores anteriores à aclimação.

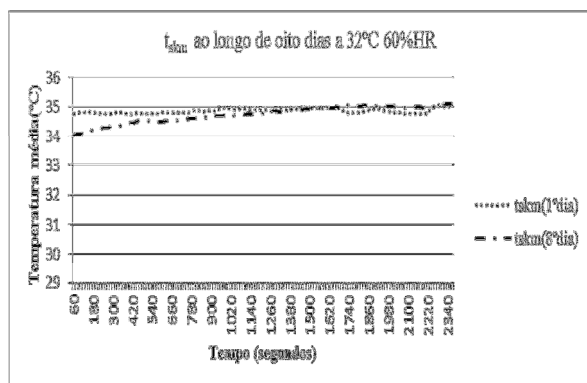


Figura 57 - Variação da ( $t_{skin}$ ) entre o 1º e 8º dia a 32°C-60% HR

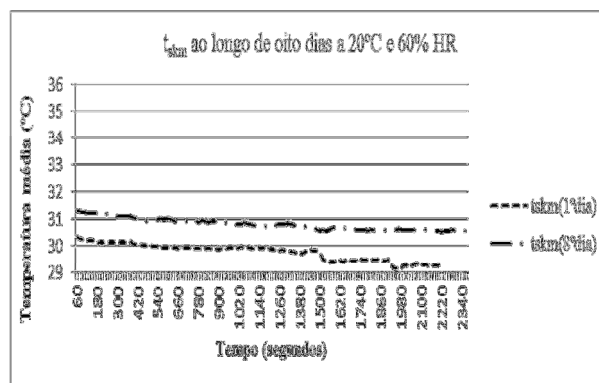


Figura 58 - Variação da ( $t_{skin}$ ) entre o 1º e 8º dia a 20°C-60% HR

Verifica-se pelos valores apresentados na Tabela 36, onde se apresentam os resultados da temperatura média do corpo e picos de temperaturas máxima e mínima, encontradas durante a aclimação de 8 dias a 20°C-60% HR, que a temperatura máxima é na testa na maior parte dos ensaios, ou seja, em cinco dos oito ensaios, durante a aclimação. Quanto à temperatura média do corpo na maior parte dos ensaios situa-se nos 30°C. Apesar de uma boa correlação entre a temperatura da pele ( $t_{skin}$ ) com a sensação de conforto, como já referido, ainda há alguma preocupação sobre a correlação entre a temperatura média e outros índices. Após este trabalho parece ser a face (testa e pescoço), os pontos de maior estabilidade. Em relação a estes dois pontos, e de acordo com os dados obtidos, para ambiente cuja temperatura é alta, parece ser o pescoço, e para o ambiente com temperatura baixa parece ser a testa, o ponto de maior estabilidade. Esta questão será analisada novamente mais tarde.

Tabela 36 -  $T_{skin}$ , temperatura máxima e mínima a 20°C-60% HR

| Ref | Ta (°C) | Tg (°C) | T rad (°C) | HR (%) | T <sub>skin</sub> Corpo todo | Temp. máxima/ Parte do corpo (°C) |                | Temp. mínima/ Parte do corpo (°C) |                     |
|-----|---------|---------|------------|--------|------------------------------|-----------------------------------|----------------|-----------------------------------|---------------------|
| TR1 | 20      | 20      | 20         | 60     | 29,77                        | 34,22                             | Tor. Sup. Esq. | 23,23                             | Paravertebral. Esq. |
| TR2 | 20      | 20      | 20         | 60     | 30,73                        | 34,91                             | Testa          | 24,62                             | Mão Esq.            |
| TR3 | 20      | 20      | 20         | 60     | 30,61                        | 33,18                             | Testa          | 24,82                             | Mão Esq.            |
| TR4 | 20      | 20      | 20         | 60     | 30,79                        | 34,35                             | Testa          | 25,51                             | Mão Esq.            |
| TR5 | 20      | 20      | 20         | 60     | 30,36                        | 34,64                             | Testa          | 24,84                             | Mão Esq.            |
| TR6 | 20      | 20      | 20         | 60     | 30,63                        | 35,08                             | Abdo. Dir      | 24,73                             | Mão Esq.            |
| TR7 | 20      | 20      | 20         | 60     | 31,05                        | 35,26                             | Abdo Dir       | 25,40                             | Mão Esq.            |
| TR8 | 20      | 20      | 20         | 60     | 30,78                        | 35,01                             | Testa          | 25,07                             | Mão Esq.            |

Tal como efetuado para a condição anterior, analisaram-se aqui os valores encontrados para a condição 32°C-60%HR.

Verifica-se pelos valores apresentados na Tabela 37, onde se apresentam os resultados da temperatura média do corpo e picos de temperaturas máxima e mínima durante a aclimação de 8 dias a 32°C-60% HR, que a temperatura máxima atingida durante os ensaios é no pescoço. O ensaio JF5 apresenta valores completamente diferentes dos restantes ensaios para a mesma condição, pelo que não foi considerado.

Tabela 37 -  $T_{skm}$ , temperatura máxima e mínima a 32°C-60% HR

| Ref | Ta<br>(°C) | Tg<br>(°C) | T rad<br>(°C) | HR<br>(%) | Tsk Médio<br>Corpo todo<br>(°C) | Temp. máxima<br>Parte do corpo<br>(°C) |              | Temp. mínima<br>Parte do corpo<br>(°C) |                |
|-----|------------|------------|---------------|-----------|---------------------------------|--|--------------|--|----------------|
| JF1 | 32         | 32         | 32            | 60        | 34,87                           | 36,33                                  | Pescoço      | 32,39                                  | Peito Pé Dir   |
| JF2 | 32         | 32         | 32            | 60        | 34,70                           | 37,02                                  | Pescoço      | 32,27                                  | Peito Pé Dir   |
| JF3 | 32         | 32         | 32            | 60        | 34,90                           | 36,46                                  | Pescoço      | 32,63                                  | Cox Esq. Post. |
| JF4 | 32         | 32         | 32            | 60        | 34,63                           | 37,25                                  | Pescoço      | 31,94                                  | Cox Esq. Post  |
| JF5 | 32         | 32         | 32            | 60        | 35,04                           | 36,48                                  | Peito Pé Dir | 31,87                                  | Cox Esq. Post  |
| JF6 | 32         | 32         | 32            | 60        | 34,95                           | 36,48                                  | Pescoço      | 32,37                                  | Cox Esq. Post. |
| JF7 | 32         | 32         | 32            | 60        | 34,75                           | 36,38                                  | Pescoço      | 32,41                                  | Cox Esq. Post. |
| JF8 | 32         | 32         | 32            | 60        | 34,78                           | 36,36                                  | Pescoço      | 31,56                                  | Peito Pé Dir.  |

### Evolução da temperatura do corpo: cabeça, tronco e membros

Como já foi efetuado para o ensaio de reprodutibilidade regista-se neste ponto a evolução da temperatura do corpo: cabeça, tronco e membros (superiores e inferiores) ao longo de uma hora.

Nas Figuras 59 e 60 apresentam-se os gráficos do 1º dia de exposição e após 8 dias de exposição na condição a 20°C-60% HR para um voluntário. Verifica-se uma maior estabilidade na temperatura da cabeça e no tronco, assim como também é nessa parte do corpo que se encontra a temperatura mais elevada, sendo que nos membros superiores e inferiores é onde se verificam as temperaturas mais baixas.

Nas Figuras 61 e 62 apresentam-se os gráficos do 1º dia de exposição e após 8 dias de exposição na condição a 32°C-60%HR para o outro voluntário. Aqui verifica-se de uma maneira geral que as temperaturas são mais estáveis sendo que no 1º dia de aclimação no que se refere aos membros inferiores ainda se verifica alguma instabilidade que é praticamente eliminada no 8º dia de aclimação.

De uma maneira geral nas duas condições verifica-se uma tentativa de estabilização das diferentes temperaturas do corpo, do primeiro para o oitavo dia de aclimação.

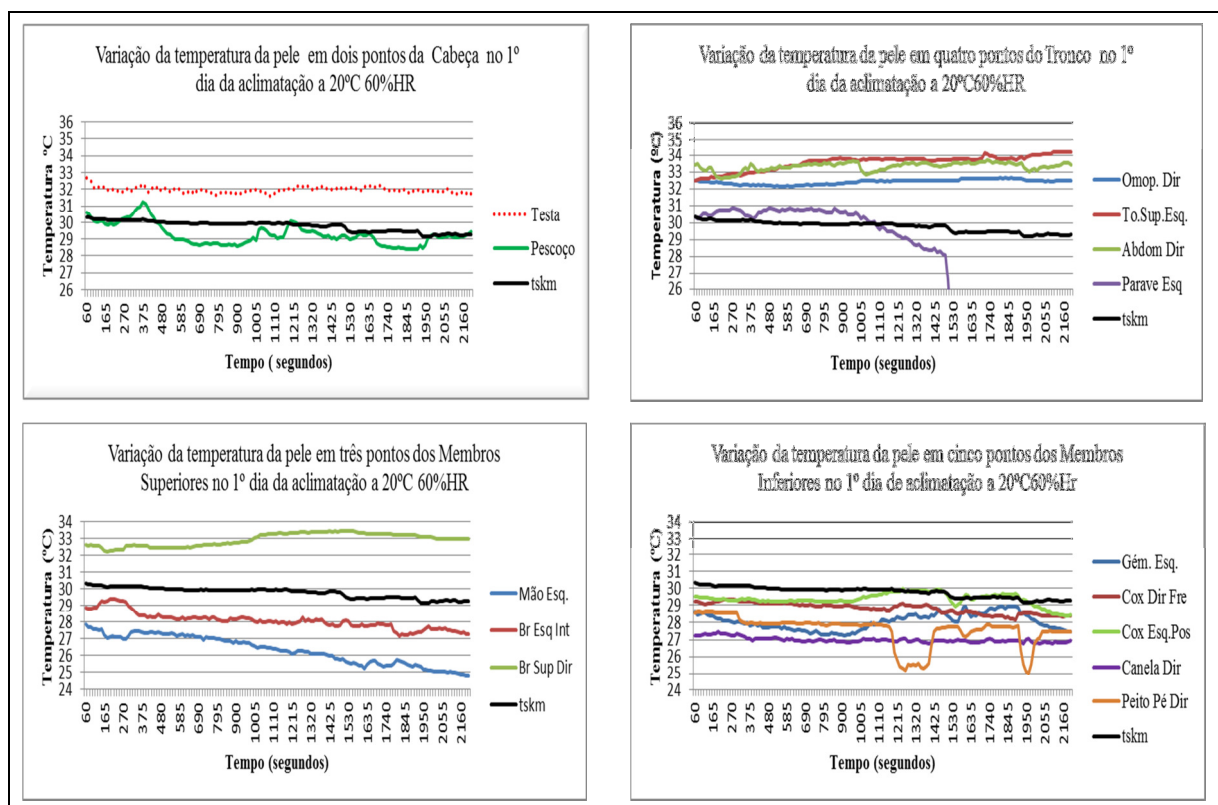


Figura 59 - Temperatura da pele local a 20°C-60% HR (1º dia)

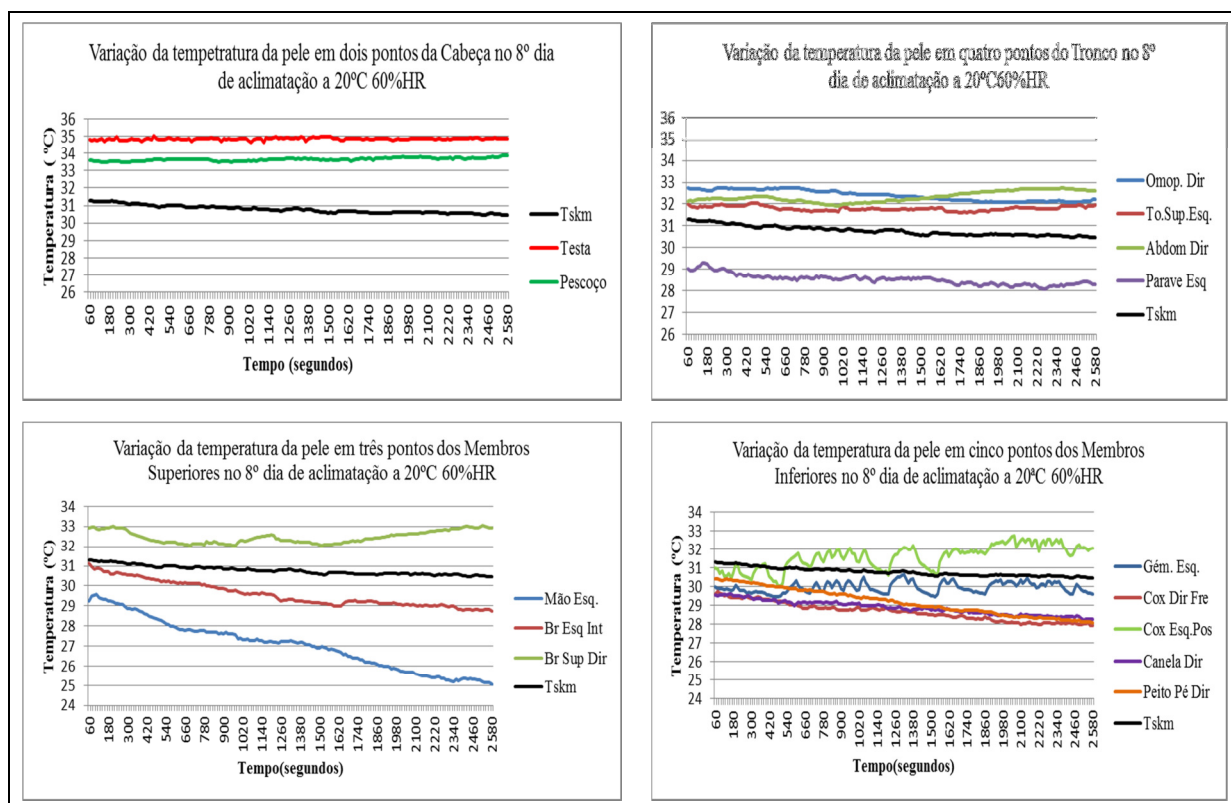


Figura 60 - Temperatura da pele local a 20°C-60% HR (8º dia)

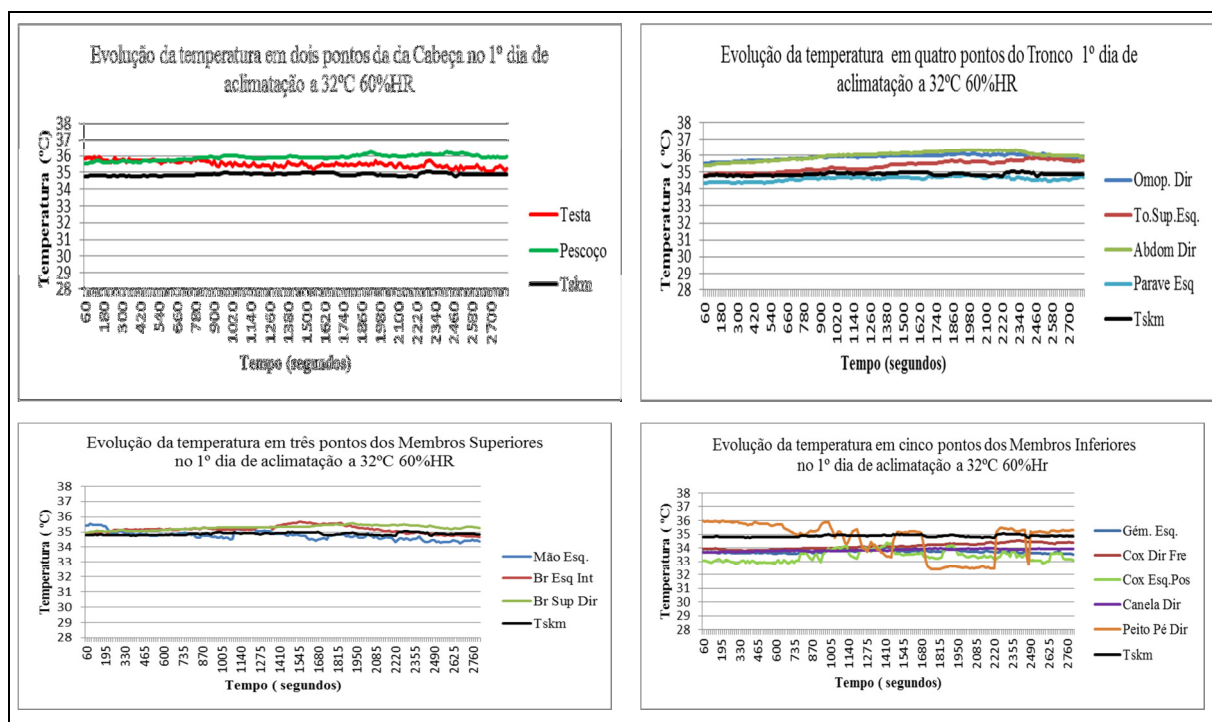


Figura 61 - Temperatura da pele local a 32°C-60% HR (1º dia)

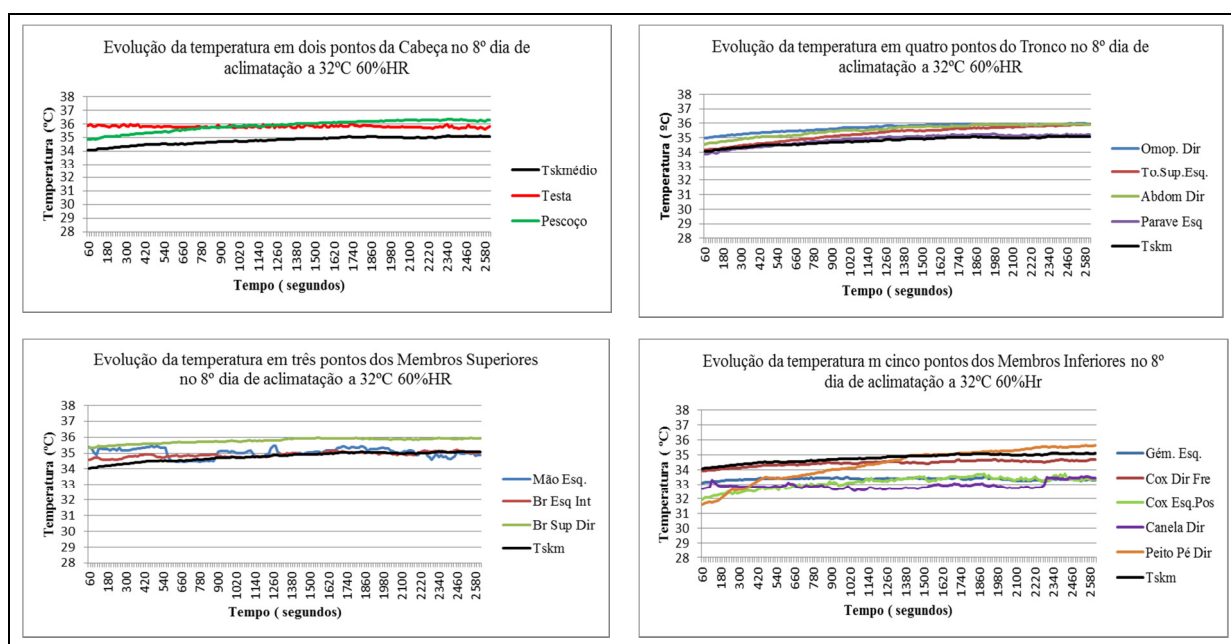


Figura 62 - Temperatura da pele local a 32°C-60% HR (8º dia)

Um estudo desenvolvido por Kataoka et al. (1998) refere uma alta correlação entre stresse psicológico e temperatura do nariz e da testa. O mesmo estudo refere que a temperatura da testa pode ser usada em lugar da temperatura do nariz em condições definidas. Assim, neste estudo, após analisada a evolução das temperaturas nos diversos pontos do corpo e com particular cuidado, a evolução da temperatura da testa e do pescoço, foram estas escolhidas

no sentido avaliar e controlar o ensaio. Para além das características referidas acresce a facilidade e o conforto para o voluntário na sua utilização.

### **Variação da temperatura média entre o pescoço e a testa ao longo de 8 dias.**

Através da Figura 63 pode ver-se a variação da temperatura média da testa a 32°C e 20°C. O mesmo aconteceu com a Figura 64 sobre a temperatura pescoço, ao longo de oito dias.

As variações verificadas para o 6º e 7º dia de aclimação podem ter tido como origem as condições climáticas externas. Refira-se que os voluntários entravam diretamente na câmara após a colocação dos sensores. Nos referidos dias, conforme se pode constatar na Tabela 33, a humidade baixou de valores da ordem dos 80% para 33,9% e 41,1%, respetivamente. Embora este pudesse não ser o único fator ou até um fator condicionante, foi decidido que nos ensaios finais se procedesse a um período de adaptação prévia, tanto no exterior como no interior da câmara antes do início dos ensaios.

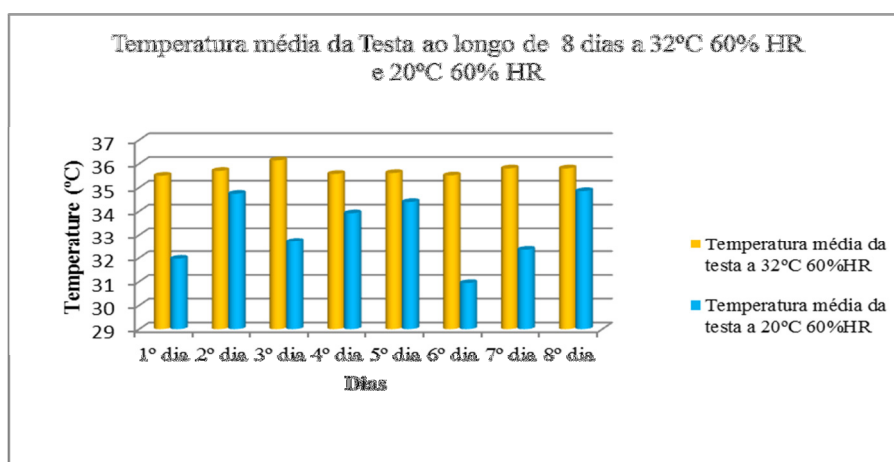


Figura 63 - Temperatura média da testa aclimação 20°C-60% HR e 32°C-60% HR

A diferença entre o valor máximo e mínimo da temperatura média na testa a 32°C é 0,64°C, enquanto que a 20°C-60% HR é 3,90°C.

A diferença média entre a temperatura máxima e a temperatura mínima do pescoço a 32°C 60% HR é 0,37°C, enquanto a 20°C-60% HR é 5,18°C, mais uma vez, verifica-se uma grande diferença nas condições com temperaturas mais baixas. Parece também que há uma menor diferença entre a temperatura da testa e a do pescoço, no caso de ambientes quentes e uma maior diferença entre estas temperaturas em ambiente frio.

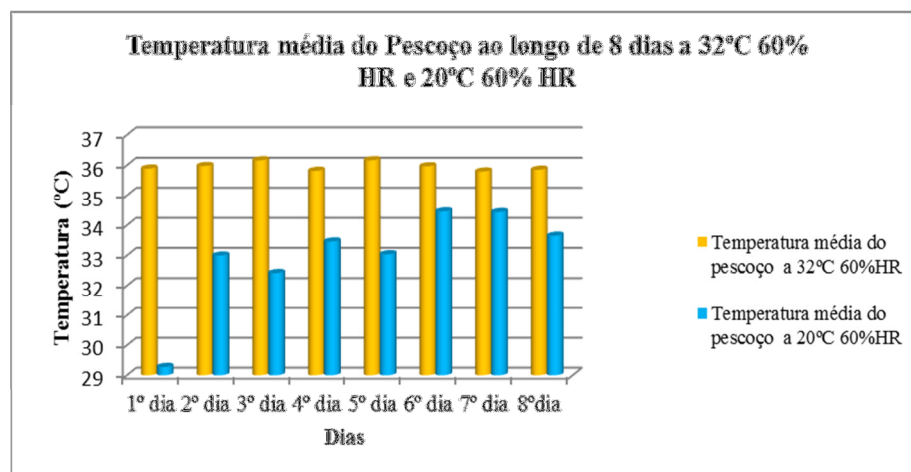


Figura 64 - Temperatura média do pescoço aclimação 20°C-60% HR e 32°C-60% HR

Analisando agora as Figuras 65 e 66, verifica-se que, em temperaturas frias (Figura 66), a oscilação das temperaturas da pele no 1º dia é maior do que com uma temperatura superior.

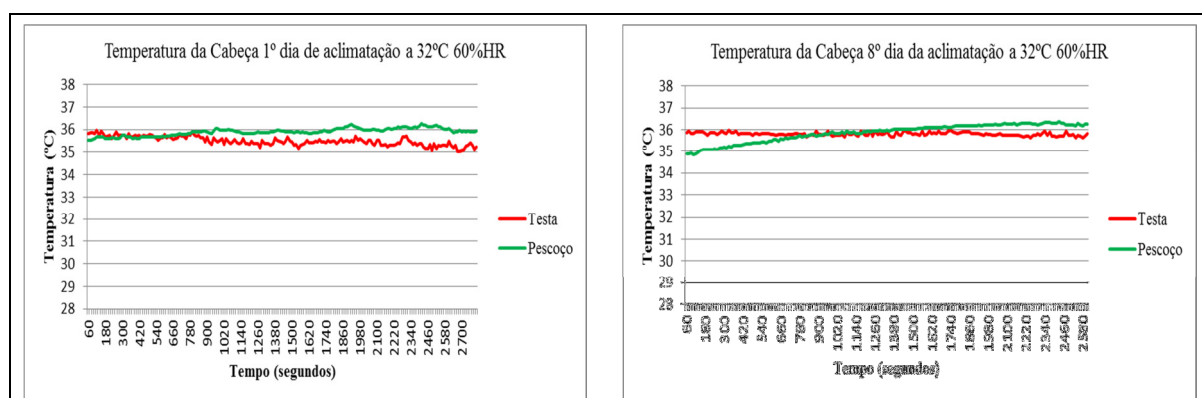


Figura 65 - Temperatura da testa e pescoço (1º e o 8º dia) a 32°C-60% HR

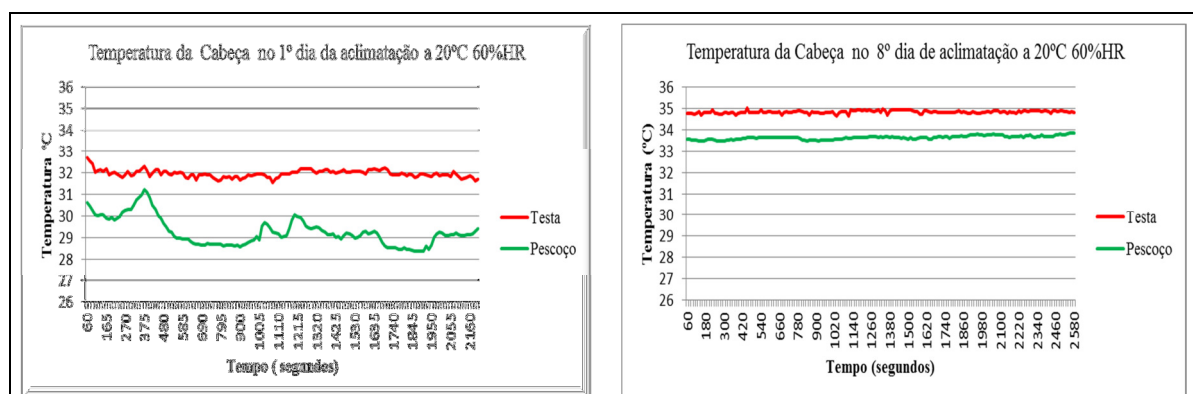


Figura 66 - Temperatura da testa e pescoço (1º e o 8º dia) a 20°C-60% HR.

## Sensação térmica

No que se refere aos questionários de sensação térmica, tal como nos ensaios anteriores, foram realizados dois questionários em cada ensaio: um para responder à sensação térmica no

início dos ensaios à entrada da câmara e outro para reportar a sensação térmica no final dos ensaios, à saída da câmara. Apresentam-se nas Tabelas 38 a 41 os resultados da sensação térmica à entrada e saída da câmara, dos ensaios efetuados em 8 dias consecutivos por dois voluntários: TR a 20°C-60%HR e FJ a 32°C-60%HR.

Tabela 38 - Sensação térmica à entrada da câmara a 20°C 60%HR

| Voluntário TR | Quente | Morno | Ligeiramente | Morno | Neutro | Ligeiramente | Fresco | Fresco | Frio |
|---------------|--------|-------|--------------|-------|--------|--------------|--------|--------|------|
| 1º dia        |        |       |              |       |        |              | x      |        |      |
| 2º dia        |        |       |              |       |        |              | x      |        |      |
| 3º dia        |        |       |              |       |        |              | x      |        |      |
| 4º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 5º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 6º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 7º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 8º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |

Tabela 39 - Sensação térmica à saída da câmara a 20°C 60%HR

| Voluntário TR | Quente | Morno | Ligeiramente | Morno | Neutro | Ligeiramente | Fresco | Fresco | Frio |
|---------------|--------|-------|--------------|-------|--------|--------------|--------|--------|------|
| 1º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 2º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 3º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 4º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 5º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 6º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 7º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |
| 8º dia        |        |       |              |       | x      |              |        |        |      |

Tabela 40 - Sensação térmica à entrada da câmara a 32°C 60%HR

| Voluntário FJ | Quente | Morno | Ligeiramente | Morno | Neutro | Ligeiramente | Fresco | Fresco | Frio |
|---------------|--------|-------|--------------|-------|--------|--------------|--------|--------|------|
| 1º dia        |        | x     |              |       |        |              |        |        |      |
| 2º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |
| 3º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |
| 4º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |
| 5º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |
| 6º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |
| 7º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |
| 8º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |

Tabela 41 - Sensação térmica à saída da câmara a 32°C 60%HR

| Voluntário FJ | Quente | Morno | Ligeiramente | Morno | Neutro | Ligeiramente | Fresco | Fresco | Frio |
|---------------|--------|-------|--------------|-------|--------|--------------|--------|--------|------|
| 1º dia        | x      |       |              |       |        |              |        |        |      |
| 2º dia        |        | x     |              |       |        |              |        |        |      |
| 3º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |
| 4º dia        |        | x     |              |       |        |              |        |        |      |
| 5º dia        |        | x     |              |       |        |              |        |        |      |
| 6º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |
| 7º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |
| 8º dia        |        |       |              | x     |        |              |        |        |      |

### 3.5.2.5 Resultados do tratamento EEG

A fadiga mental é reconhecida como uma das principais causas de erros que podem conduzir aos mais diversos tipos de problemas e acidentes. Por conseguinte, o estudo deste fenómeno



em diversas atividades como pilotos de aviação, condutores de automóveis, motoristas profissionais, entre outras, tem ganho grande relevância nos últimos anos. No entanto, neste trabalho não se pretende avaliar a fadiga mental, mas tão só a influência do ambiente térmico na atividade cerebral e suas eventuais consequências diretas em termos de amplitude do sinal das ondas cerebrais de algumas frequências associadas por alguns autores (Nybo, L., & Nielsen, B., 2001, Hartley 2001) a fenómenos de fadiga.

No sentido de encontrar uma resposta, realizou-se um estudo de carácter exploratório, recorrendo ao uso da eletroencefalografia como método de estimação da atividade cerebral. O eletroencefalograma (EEG), tal como já referido, é uma técnica amplamente utilizada na investigação cognitiva e comportamental. No presente estudo apenas se pretende medir a amplitude das ondas elétricas produzidas pelo cérebro em diferentes condições de ambiente térmico.

Apresentam-se aqui os resultados da variação da amplitude das ondas *Alfa* e *Beta* no hemisfério esquerdo.

### **Variação da amplitude das ondas Alfa O1 a 20°C 60% HR**

Nas figuras 67 e 68 pode observar-se a evolução das ondas *Alfa O1* ao longo de ensaios a 20°C-60% HR, respetivamente no 1º e no 8º dia de aclimação.

Se forem excluídos os primeiros 10 minutos da curva recolhida no 8º dia, pode verificar-se que esta apresenta valores de amplitude inferiores aos registados no 1º dia.

Este resultado pode ser evidenciado através da comparação dos polinómios ajustados aos resultados de cada uma das situações (Tabela 42) e da Figura 69 onde se visualiza a comparação das curvas de ajuste do 1º e do 8º dia de aclimação a 20°C-60% HR.

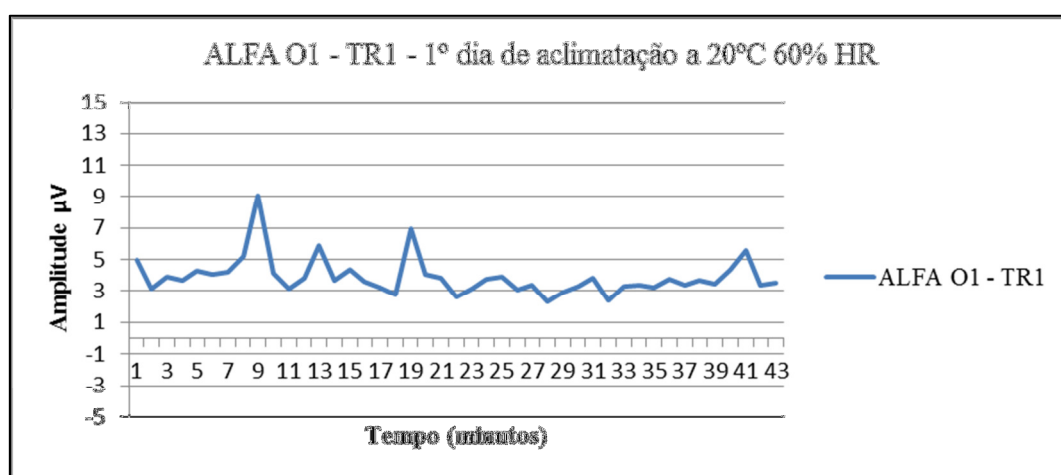


Figura 67 - Amplitude a 20°C-60% HR (1º dia de aclimação)

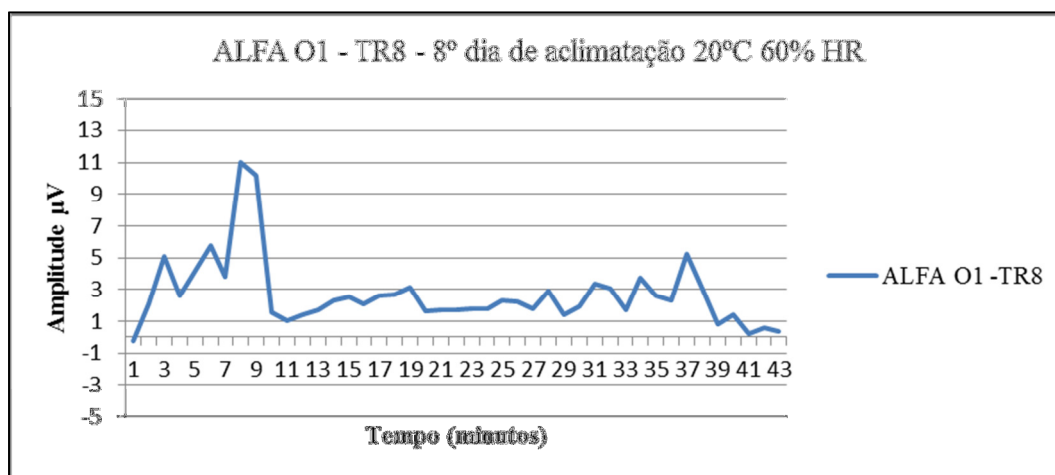


Figura 68 - Amplitude ao longo do tempo a 20°C-60% HR (8º dia de aclimação)

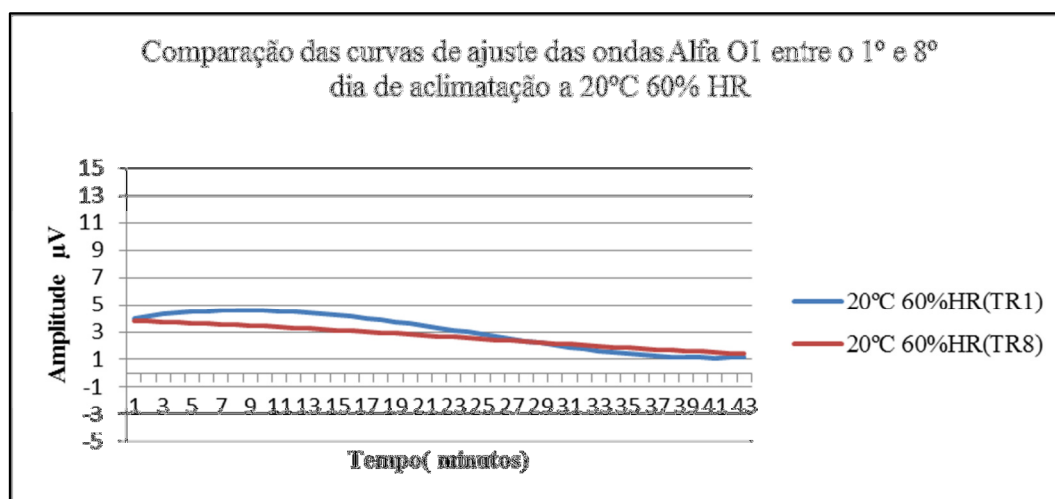


Figura 69 - Curvas de ajuste do 1º e do 8º dia de aclimação a 20°C-60% HR

Tabela 42 - Equações polinomiais de 3º grau a 20°C-60% HR

| Legenda   | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|---|---|
| Linha Azul <i>Alfa</i> O1 20°C-60%HR 1º dia     | $y = 0,0002x^3 - 0,0148x^2 + 0,2058x + 3,7778$          |
| Linha Vermelha <i>Alfa</i> O1 20°C-60%HR 8º dia | $y = 2E-05x^3 - 0,0015x^2 - 0,0281x + 3,8093$           |

### Variação da amplitude das ondas *Alfa* O1 a 32°C 60% HR

A 32°C-60% HR a evolução das ondas *Alfa* O1 no 1º e 8º dia de aclimação é o que está demonstrado nas Figuras 70 e 71 respectivamente. No 1º dia de aclimação verifica-se uma maior amplitude inicial, sendo que vai baixando ao longo do tempo. Tal como aconteceu na condição mais fria, verifica-se uma maior uniformidade da amplitude das ondas *Alfa* ao longo do tempo após 8 dias de aclimação.

Na Tabela 43 são apresentadas as equações polinomiais de 3º grau para cada linha de ajuste a 32°C 60%HR.

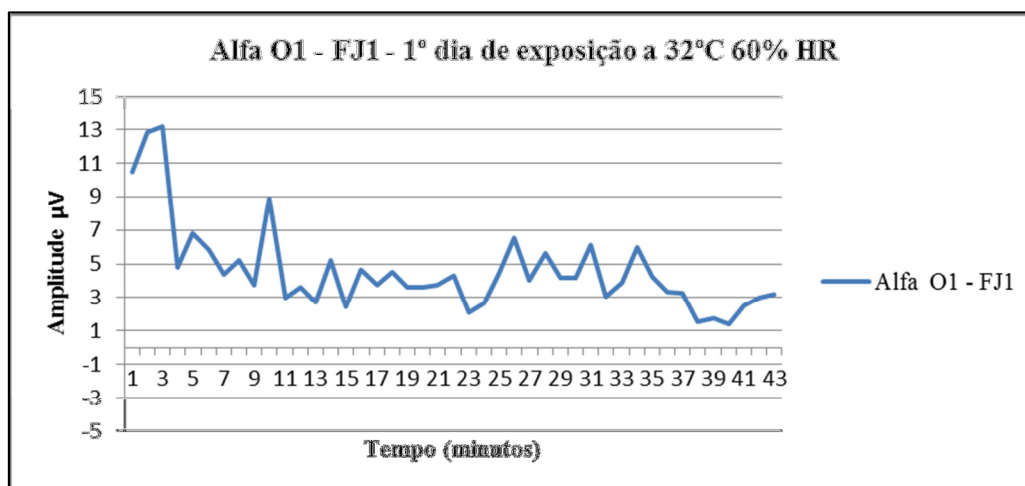


Figura 70 - Amplitude ao longo do tempo a 32°C-60% HR (1º dia de aclimação)

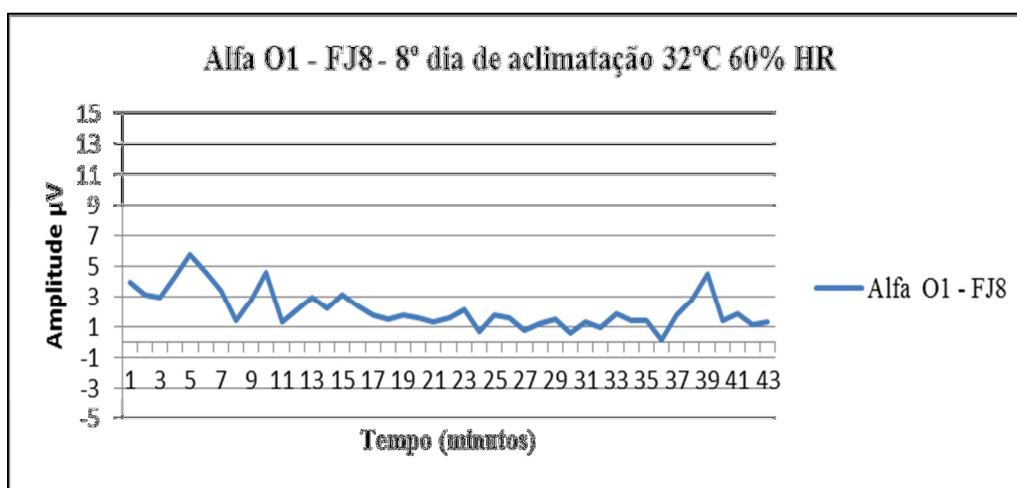


Figura 71 - Amplitude ao longo do tempo a 32°C-60% HR (8º dia de aclimação)

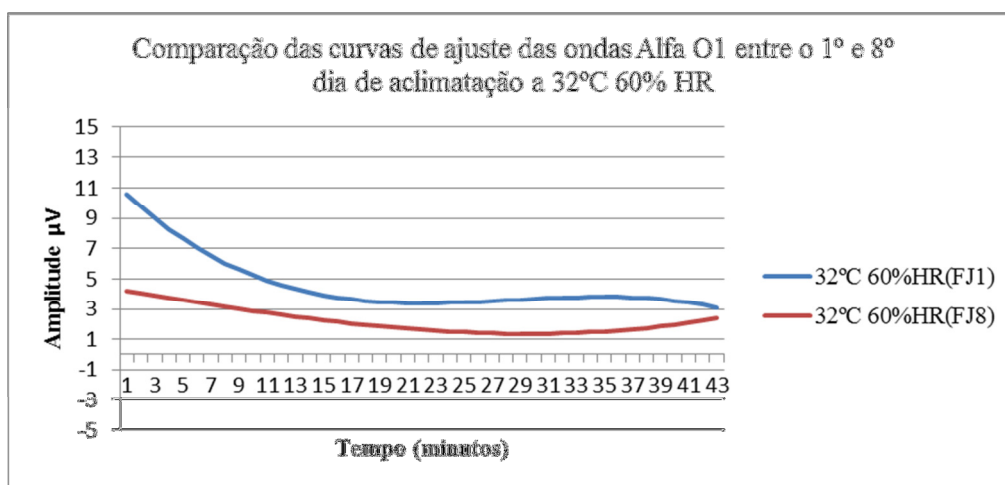


Figura 72 - Curvas de ajuste do 1º e do 8º dia de aclimação a 32°C-60% HR

Tabela 43 - Equações polinomiais de 3º grau a 32°C-60% HR

| Legenda                                  | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|--|---|
| Linha Azul Alfa O1 32°C-60%HR 1º dia     | $y = -0,0004x^3 + 0,0342x^2 - 0,9256x + 11,466$         |
| Linha Vermelha Alfa O1 32°C-60%HR 8º dia | $y = 5E-05x^3 + 0,0005x^2 - 0,1605x + 4,3933$           |

Mais uma vez este resultado pode ser evidenciado através da Figura 72 onde se vê a imagem comparada das duas curvas de ajuste obtidas respectivamente para o 1º e para o 8º dia de aclimação.

### **Variação da amplitude das ondas *Beta* O1 a 20°C 60% HR**

As ondas *Beta* segundo Eoh et al. (2005) estão relacionadas com o nível de alerta mental. Nas Figuras 73 e 74 são apresentados os resultados do comportamento das ondas *Beta* a 20°C-60% HR nos ensaios realizados, respectivamente no 1º dia e 8º dia de aclimação. Na Tabela 44 encontram-se as equações ajustadas.

Tabela 44 - Equações polinomiais de 3º grau a 20°C-60% HR

| Legenda   | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|---|---|
| Linha Azul <i>Beta</i> O1 20°C-60%HR 1º dia     | $y = 9E-05x^3 - 0,0036x^2 + 0,0012x + 0,7756$           |
| Linha Vermelha <i>Beta</i> O1 20°C-60%HR 8º dia | $y = 0,0001x^3 - 0,0052x^2 + 0,0227x - 2,2938$          |

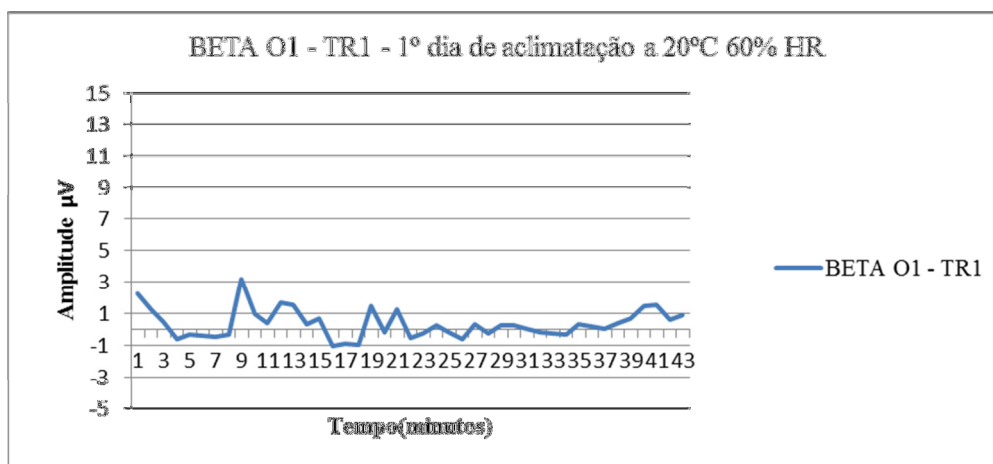


Figura 73 - Amplitude a 20°C-60% HR (1º dia de aclimação)

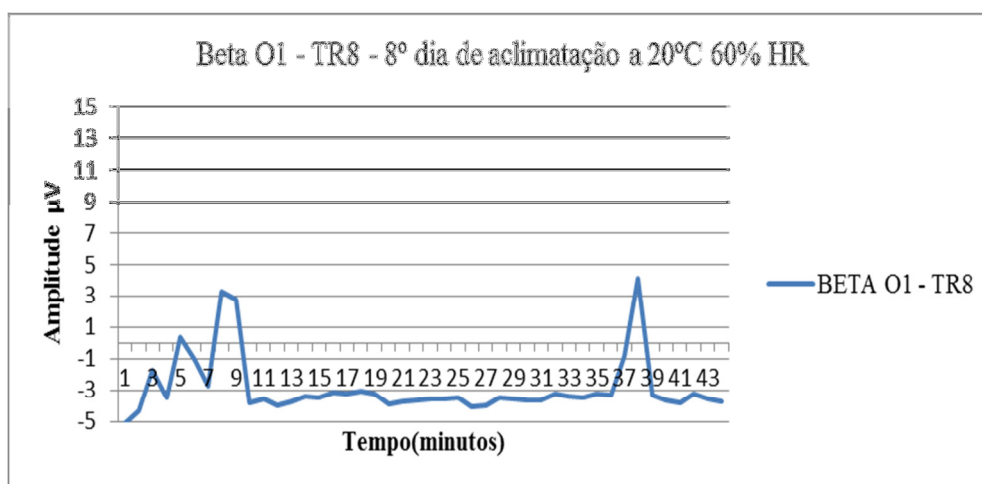


Figura 74 - Amplitude a 20°C-60% HR (8º dia de aclimação)

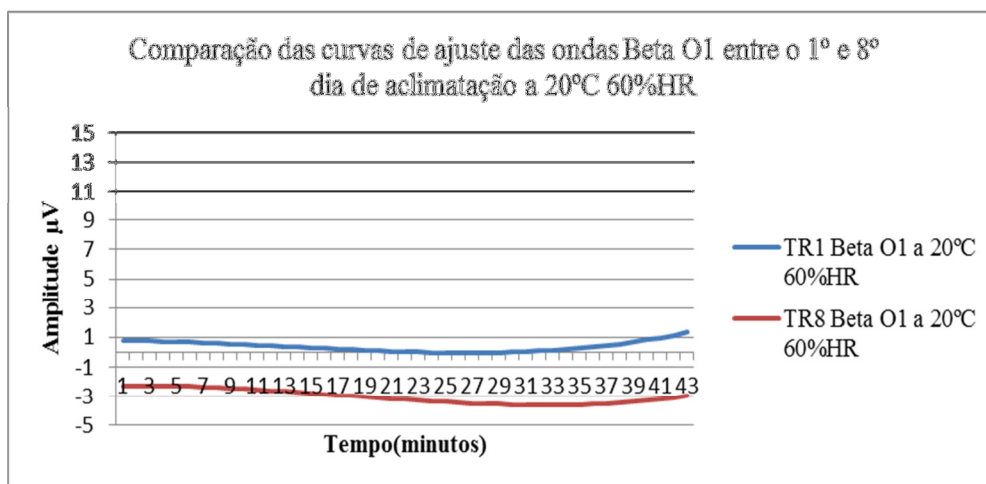


Figura 75 - Curvas de ajuste entre o 1º e o 8º dia de aclimação a 20°C-60% HR

No primeiro dia de aclimação (Figura 73) verifica-se uma amplitude muito estável ao longo do tempo de ensaio e muito próxima de zero. No oitavo dia de aclimação (Figura 74) a amplitude desce, apresentando valores negativos durante praticamente todo o ensaio. É de referir que nestas condições é visível alguma perturbação durante os primeiros 10 minutos.

Na Figura 75, são apresentadas as curvas de ajuste para os valores de amplitude verificados no primeiro e no último dia. É aí mais fácil verificar uma ligeira alteração ao comportamento das ondas entre os dois momentos. As curvas de ajuste das ondas são praticamente paralelas entre si e a alteração que se verifica ao longo do tempo acompanha esse paralelismo.

### **Variação da amplitude das ondas *Beta* O1 a 32°C 60% HR**

O comportamento das ondas *Beta* para uma temperatura de 32°C mantendo a humidade de 60% HR é apresentado nas Figuras 76 e 77. Tal como na condição 20°C-60% HR, verificam-se valores de amplitude estáveis ao longo do tempo, muito próximas de zero com tendência a amplitude negativa, quer no primeiro dia, quer no oitavo dia de aclimação. Na Tabela 45 apresentam-se as equações polinomiais resultantes do ajuste aos dados recolhidos e na Figura 78 são apresentadas as curvas ajustadas às duas situações. Verifica-se novamente uma variação na amplitude das ondas entre os ensaios.

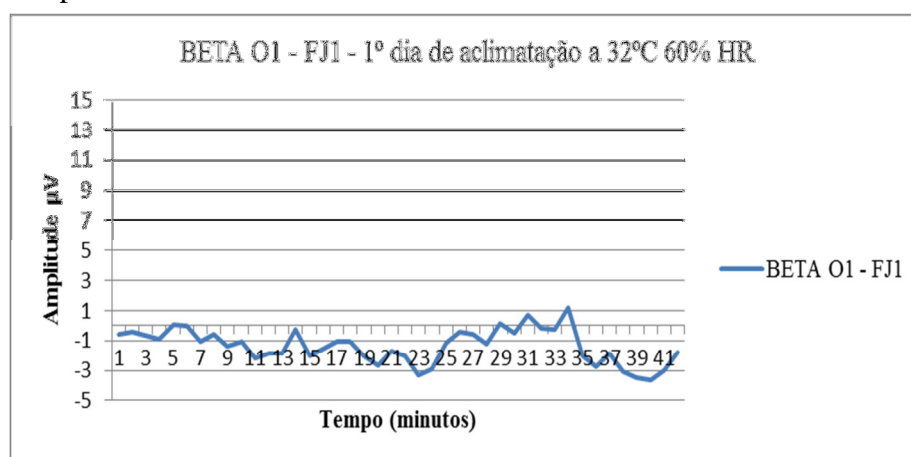


Figura 76 - Amplitude a 32°C-60% HR (1º dia de aclimação)

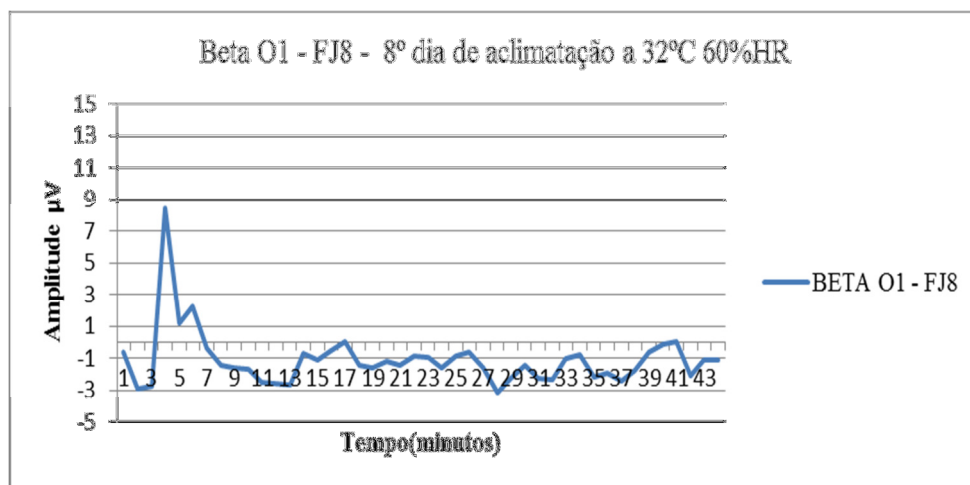


Figura 77 - Amplitude a 32°C-60% HR (8º dia de aclimação)

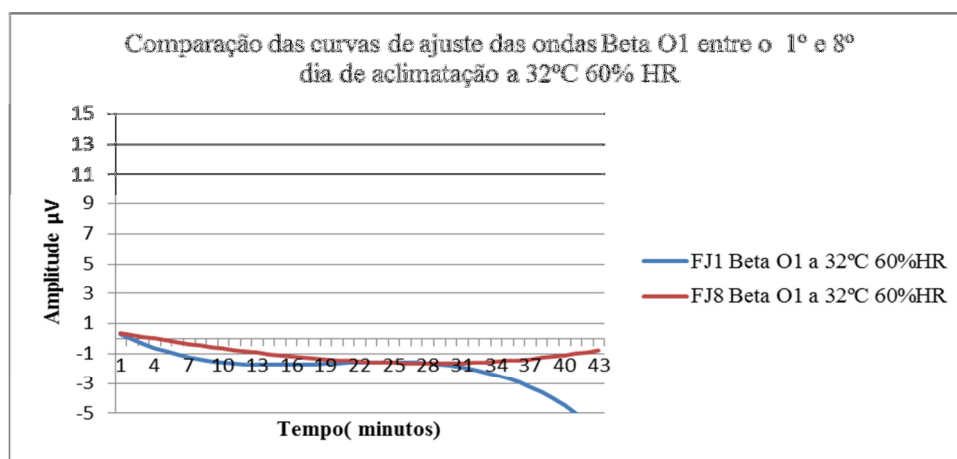


Figura 78 - Curvas de ajuste entre o 1º e o 8º dia de aclimação a 32°C-60% HR

Tabela 45 - Equações polinomiais de 3º grau a 32°C-60%HR

| Legenda   | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|---|---|
| Linha Azul <i>Beta O1</i> 32°C-60%HR 1º dia     | $y = -0,0004x^3 + 0,0234x^2 - 0,4263x + 0,7353$         |
| Linha Vermelha <i>Beta O1</i> 32°C-60%HR 8º dia | $y = 3E-05x^3 + 0,001x^2 - 0,128x + 0,4971$             |

### Variação da amplitude do rácio *AlfaO1/BetaO1* a 20°C-60% HR e 32°C-60% HR

Nas Figuras 79, 80 e 81 podem ver-se as curvas dos rácios e respetivos ajustes ao longo do tempo para o 1º e 8º dia de aclimação a 20°C 60% HR. Na Tabela 46 encontram-se as equações das curvas de ajuste para a relação *AlfaO1/BetaO1*.

Tabela 46 - Equações polinomiais de 3º grau a 20°C-60%HR

| Legenda   | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|---|---|
| Linha Azul <i>Alfa/ Beta O1</i> 20°C-60%HR 1º dia     | $y = 0,0003x^3 - 0,0077x^2 + 0,0122x - 1,5055$          |
| Linha Vermelha <i>Alfa/ Beta O1</i> 20°C-60%HR 8º dia | $y = 0,0002x^3 - 0,0159x^2 + 0,2972x - 1,9783$          |

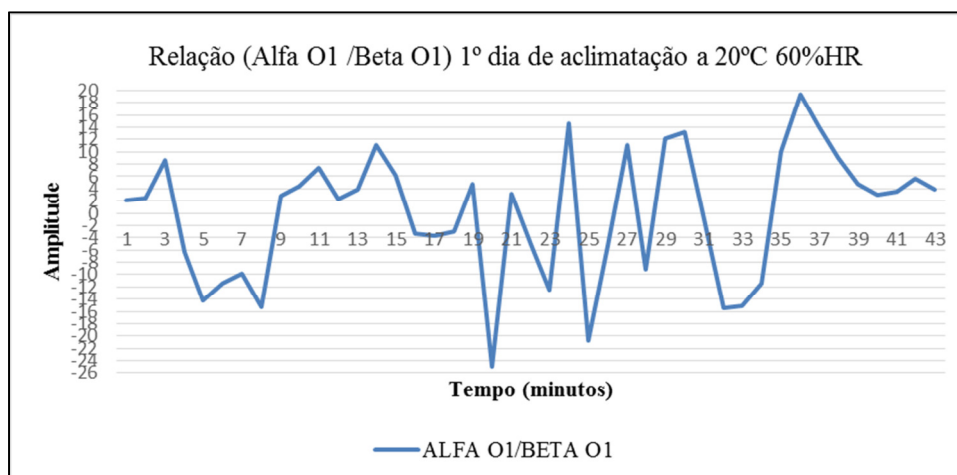


Figura 79 - Evolução do rácio *Alfa O1/Beta O1* a 20°C-60% HR (1º dia)

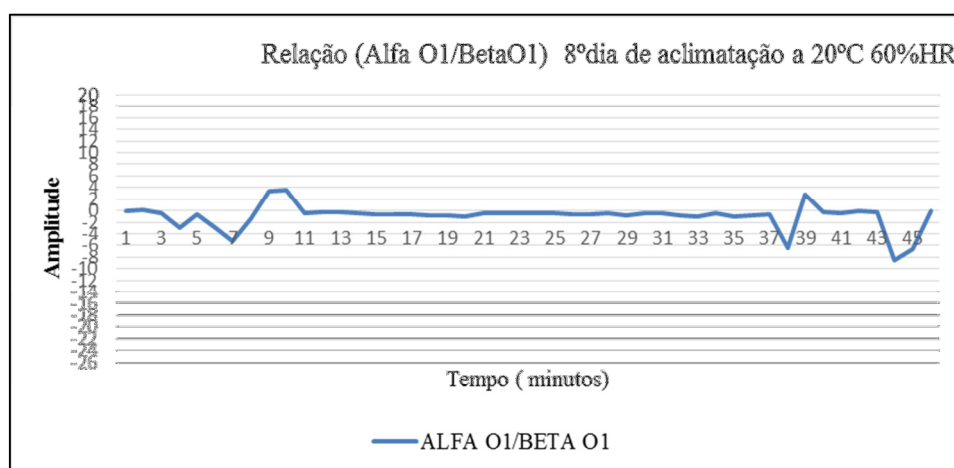


Figura 80 - Evolução do rácio *Alfa O1/Beta O1* a 20°C-60% HR (8º dia)

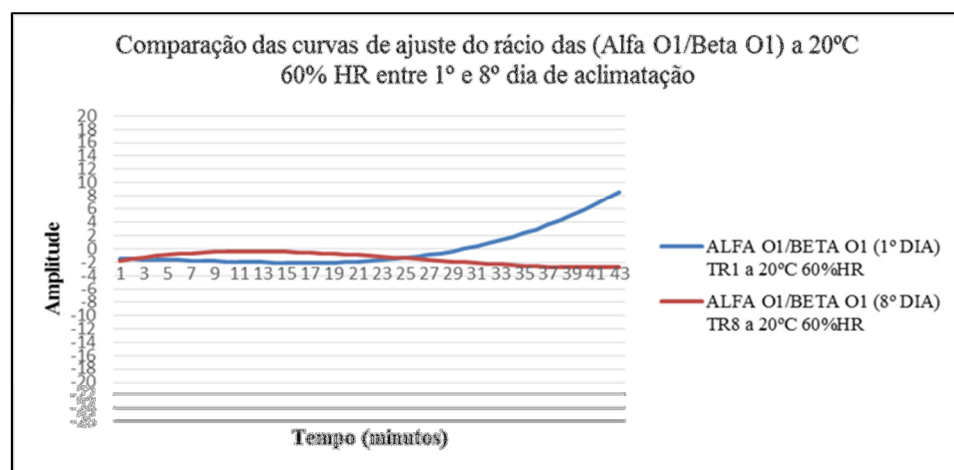
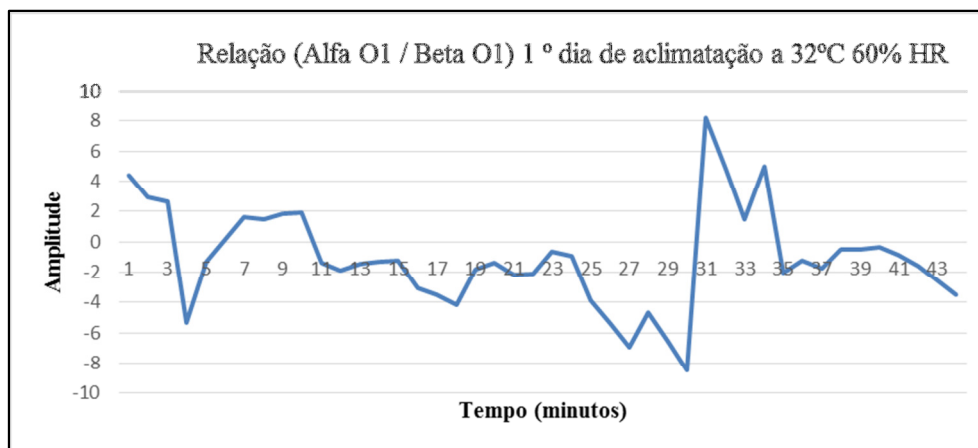
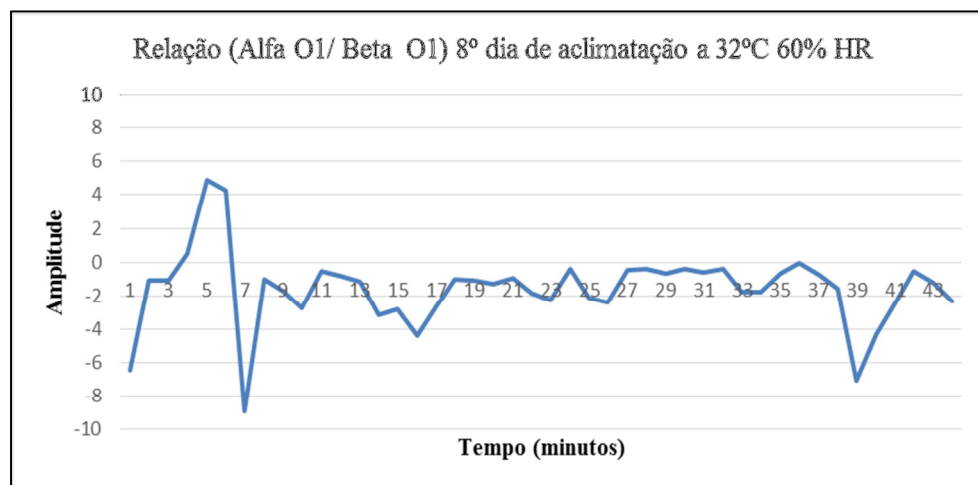
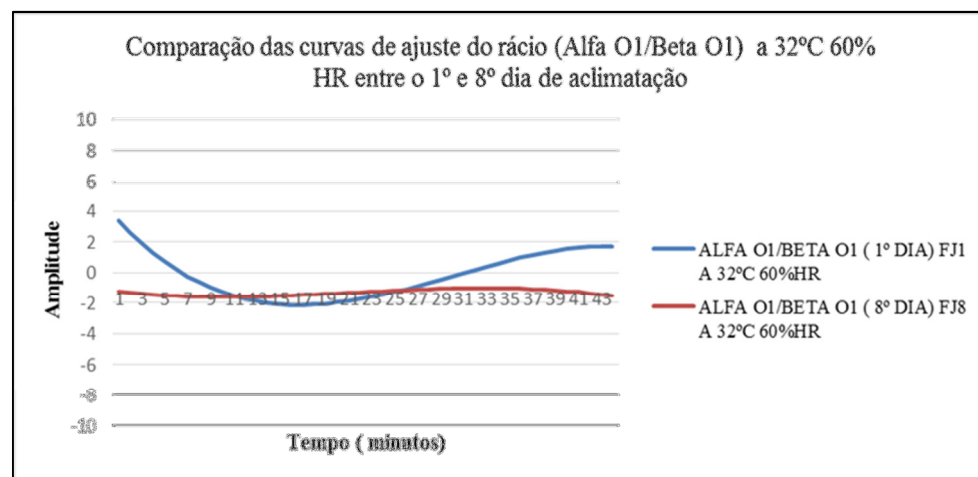


Figura 81- Curvas de ajuste do rácio *Alfa O1/Beta O1* (1º e 8º dia) a 20°C-60% HR

Nas Figuras 82, 83 e 84 podem verificar-se o comportamento do rácio *Alfa O1/Beta O1* a 32°C-60% HR, encontra-se aí ilustrado o comportamento deste parâmetro para o 1º e 8º dia de aclimação. Na Tabela 47 apresentam-se as equações de ajuste com polinómios de 3º grau para cada conjunto de dados.

Tabela 47 - Equações polinomiais de 3º grau a 32°C-60%HR

| Legenda   | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|---|---|
| Linha Azul <i>Alfa/ Beta</i> O1 32°C-60%HR 1º dia     | $y = -0,0004x^3 + 0,0362x^2 - 0,8761x + 4,2677$         |
| Linha Vermelha <i>Alfa/ Beta</i> O1 32°C-60%HR 8º dia | $y = -0,0001x^3 + 0,0065x^2 - 0,1017x - 1,1367$         |

Figura 82- Evolução do rácio *Alfa* O1/*Beta* O1 a 32°C-60% HR (1º dia)Figura 83 - Evolução do rácio *Alfa* O1/*Beta* O1 a 32°C-60% HR (8º dia).Figura 84 - Curvas de ajuste do rácio *Alfa* O1/*Beta* O1 (1º e 8º dia) a 32°C-60% HR



Na Tabela 48, apresentam-se os resultados do valor médio das amplitudes das ondas *Alfa O1*, *Beta O1* e rácio *Alfa O1/Beta O1*, para o 1º e 8º dia de aclimação nas duas condições ambientais estudadas.

Tabela 48 - Valor médio das amplitudes das ondas *Alfa O1*, *Beta O1* e *Alfa O1/Beta O1*

|             | <i>Alfa O1</i> |             | <i>Beta O1</i> |              | <i>AlfaO1/ BetaO1</i> |        |
|-------------|----------------|-------------|----------------|--------------|-----------------------|--------|
|             | 1º dia         | 8º dia      | 1º dia         | 8º dia       | 1º dia                | 8º dia |
| 20°C 60%HR  | 3,9 $\mu$ V    | 2,7 $\mu$ V | 0,4 $\mu$ V    | -2,2 $\mu$ V | -0,09                 | -0,9   |
| 32°C 60% HR | 6,0 $\mu$ V    | 2,6 $\mu$ V | -1,4 $\mu$ V   | -1,1 $\mu$ V | -1,09                 | -1,6   |

### 3.5.2.6 Discussão do teste piloto - aclimação

Neste ponto apresentam-se a discussão dos resultados do teste piloto correspondente aos testes de aclimação que permitiram aferir o Protocolo dos Ensaio Finais.

#### Sensação Térmica

Quanto à sensação térmica na condição a 20°C-60%HR registada à entrada da câmara foi de “ligeiramente fresco” e à saída da câmara após o tempo de exposição foi “neutra”, para o voluntário em questão. De salientar que pelo facto de se alterar a humidade relativa para 60%, o voluntário à saída da câmara registou uma sensação neutra, enquanto que nos ensaios de reprodutibilidade nunca foi atingida esta situação por nenhum dos voluntários.

Já para a condição 32°C-60% HR a sensação térmica à entrada da câmara no primeiro dia foi de morno e passou a ligeiramente morno nos dias seguintes, até ao oitavo dia. Para a mesma condição, mas à saída da câmara, após o tempo de exposição, a sensação encontrada para o voluntário em questão foi de quente no primeiro dia, no quarto e quinto dia passou a morno e no sexto, sétimo e oitavo dia passou a ligeiramente morno, demonstrando uma aclimação à condição ambiental exposta à medida que o tempo foi passando.

#### Temperatura da Pele

Apesar das diferentes características antropométricas individuais, encontradas nos primeiros ensaios, ao que chamamos ensaios de reprodutibilidade, os três indivíduos atingiram um nível de temperatura de pele local muito semelhante após três dias. O mesmo se passou mudando apenas a humidade de 30% HR para 60% HR e mantendo a temperatura a 20°C (ensaio de aclimação), nesta caso verificou-se ainda que a  $t_{skm}$  foi superior, assim como as temperatura máximas e mínimas variaram entre três e dois pontos do corpo respetivamente ao contrário do teste que foi efetuado com 30% HR, cujas temperaturas máximas e mínimas oscilaram entre sete e quatro pontos do corpo demonstrando maior instabilidade e dificuldade em afirmar qual o ponto do corpo onde se atingiu a temperatura máxima e mínima. Finalmente, a 32°C e 60% de humidade relativa, verificou-se uma maior estabilidade entre diferentes partes do corpo, entre o primeiro dia e oitavo dia tal como pode ser verificado nas Figuras 55 e 56.

Parece ser conclusão óbvia que o processo e o tempo de aclimação é diferente para ambientes quentes e para ambientes frios. É possível constatar que o corpo aprende,

adequando o seu comportamento, de modo a conseguir reagir da forma mais favorável às condições de stresse que lhe são impostas.

Quando se compara a temperatura da pele a 20°C-60% HR e a 32°C-60% HR entre o 1º e o 8º dia de aclimação, verifica-se que após aclimação a uma temperatura ambiente mais alta, a temperatura da pele tende a baixar. Para temperatura ambiental mais baixa a temperatura da pele reage, aumentando o seu valor. Verifica-se ainda que após aproximadamente uma hora sob as condições de temperatura ambiental mais elevada a pele reage, aumentando a sua temperatura para valores da mesma ordem de grandeza dos que tinha antes da aclimação nas condições habituais.

Quando o sujeito aclimatado para temperaturas mais frias é submetido a essa mesmas temperaturas depois de ter estado em condições “normais”, a pele reage baixando a sua temperatura para os valores anteriores à aclimação.

Quanto ao comportamento da temperatura média da pele  $t_{skm}$ , como conclusão global, pode ser afirmado que no oitavo dia de aclimação, ao longo do ensaio, a  $t_{skm}$  tende assintoticamente para um valor próximo do valor anterior ao processo de aclimação. Este fenómeno ocorreu quer em ambiente quente, quer em ambiente frio mas não de forma idêntica. Tendencialmente, verificou-se a necessidade de mais tempo para a aclimação a ambientes frios do que a ambientes quentes.

Em paralelo com os ensaios efetuados em que se passou a ter uma noção mais precisa do comportamento global da temperatura média da pele, tanto em ambiente quente como em ambiente frio, foi-se colocando um outro problema que passava pela complexidade logística do ensaio e pelo desconforto que ela causava aos voluntários. Nomeadamente, todo o processo de colocação dos sensores. Assim e no sentido de agilizar este processo, simplificando os procedimentos e aumentando o conforto dos voluntários (fator importante para garantir uma amostra com número significativo) colocou-se um novo desafio que consistiu em encontrar pontos de controlo da temperatura que respondessem de forma idêntica à temperatura média da pele e que fossem simultaneamente de fácil acesso.

Apesar de os resultados obtidos nos testes preliminares não serem absolutamente conclusivos, foi decidido fazer uma opção, a qual recaiu sobre os pontos da cabeça (testa e pescoço). Estes garantem fácil acesso, apresentam relativa estabilidade ao longo dos ensaios e o comportamento geral não difere de forma evidente com o da temperatura média da pele. Mais tarde, foi possível verificar que esta escolha foi consistente e conduziu aos resultados esperados.

Quando a análise é efetuada separadamente para cada um dos catorze pontos de medição da temperatura da pele, observa-se que cada um deles tem uma evolução característica, diferente para ambiente quente e ambiente frio, tal como se pode confirmar nas Figuras 65 a 68, já apresentadas.

## EEG

De um modo geral verifica-se a mesma tendência em ambas as situações de ambiente térmico quente e frio, com valores do rácio muito mais estáveis após aclimação.

Para as ondas *Alfa O1*, a 20°C-60% HR, comparando o primeiro com o oitavo dia no sentido de verificar o efeito da aclimação nestas ondas, constata-se que no primeiro dia de aclimação a amplitude inicia nos 5µV (Figura 67) e atinge uma média de 3,9µV (Tabela 48), enquanto que no oitavo dia a amplitude inicia em zero µV e, ao longo do tempo atinge um valor médio de 2,7µV, Figura 68, Tabela 48. A 32°C-60% HR Figuras 70 e 71, no 1º dia de aclimação verifica-se uma maior amplitude inicial, na ordem dos 10 µV, sendo que vai baixando ao longo do tempo aproximando-se dos 5 µV. O valor médio das amplitudes varia de 6 µV no 1º dia para 2,6 µV no 8º dia. Tal como aconteceu na condição mais fria, verifica-se uma maior uniformidade da amplitude das ondas *Alfa* ao longo do tempo após 8 dias de aclimação, Figura 72. Em ambos os casos há uma descida no valor médio da amplitude após aclimação, tal como se verifica pela Tabela 48.

Para as ondas *Beta O1*, verifica-se que as amplitudes são menores do que as encontradas nas ondas *Alfa*, observando-se, por vezes, amplitudes negativas. Sendo que a 20°C 60% HR o comportamento das linhas de ajuste é sensivelmente paralelo. A 32°C 60% HR o comportamento geral também vai no mesmo sentido, Figuras 75 e 78.

Para o rácio *Alfa O1/Beta O1* verifica-se uma maior estabilidade dos resultados após aclimação, como se pode ver pelas curvas de ajuste das Figuras 81 e 84, assim como também uma descida do valor médio da amplitude.

Gaoua (2010) refere que apesar de a aclimação melhorar a resposta fisiológica ao stresse por calor, poucos estudos avaliam a função cognitiva especificando o estado de aclimação dos participantes. Os resultados do presente estudo revelaram que no final do período de aclimação, em todas as condições estudadas, a curva da amplitude foi muito mais estável, o que de resto vem no mesmo sentido dos resultados da temperatura da pele. Pode então concluir-se que o uso do índice *Alfa/Beta* para medir a fadiga mental apenas será viável para indivíduos aclimatados, tendo em conta que a curva da amplitude correspondente a este rácio *Alfa/Beta*, principalmente na condição a frio, é muito mais estável.

Este resultado pode justificar a diferença de opinião entre vários autores, no que se refere ao comportamento das ondas (Nybo, L., & Nielsen, B., 2001; Pilcheu 2002 e Gaoua 2010) o qual pode derivar das condições em que os testes foram realizados.

Face ao exposto, foi também decidido continuar os ensaios apenas com a bateria de testes Go-No-Go durante uma hora ininterruptamente para os ensaios finais, tendo em conta que o facto de alterar as baterias ao longo de uma hora de teste alterava o comportamento do indivíduo tornando-o mais alerta sempre que mudava de bateria o que poderia causar erro na análise.

### 3.6 Apresentação do protocolo dos ensaios finais

O trabalho de desenvolvimento metodológico realizado permitiu desenvolver um protocolo de ensaio para a realização dos Ensaio Finais em quatro condições ambientais definidas de acordo com o objetivo do trabalho que foi *“Avaliar a atividade cerebral a partir da amplitude do sinal EEG relacionando-a com diferentes condições de temperatura e humidade em tarefas sedentárias, conhecendo os fatores antropométricos e fisiológicos individuais”*. Este protocolo encontra-se descrito no Anexo 12.

Foi testada uma amostra de conveniencia constituída por 30 voluntários de sexo masculino e feminino, com diferentes atividades profissionais e diferentes faixas etárias.

As alterações mais significativas incluídas neste protocolo foram:

- Tempo de estabilização da temperatura da pele de 20 minutos antes de entrar na câmara climática;
- Tempo de estabilização da temperatura da pele de 10 minutos após entrar na câmara climática;
- Medição da temperatura da pele em dois pontos: Testa e Pescoço;
- Minimização do equipamento a utilizar de modo a melhorar o conforto dos voluntários durante os ensaios;
- Não aclimação dos indivíduos, uma vez que aumentava exponencialmente a necessidade de disponibilidade por parte destes, correndo-se o risco de não conseguir uma amostra com tamanho suficiente;
- Utilização de uma única bateria de testes cognitivos durante todo o ensaio de modo a minimizar alterações no estado de vigília.

A metodologia dos testes finais partiu da correção dos protocolos utilizados nos testes piloto. Assim os ensaios foram realizados apenas no período da tarde, fazendo cada voluntário quatro ensaios, um em cada uma das condições de ambiente térmico definidas. Os ensaios foram realizados com um intervalo de uma semana para evitar a aclimação dos voluntários.

Cada um dos ensaios finais requereu uma deslocação ao laboratório por cada voluntário por um tempo mínimo de 1 hora e 40 minutos, distribuídos da seguinte forma: 1 hora de ensaio, 20 minutos de estabilização da temperatura da pele e no mínimo 20 minutos de preparação; 10 minutos antes de entrar na câmara e 10 minutos dentro da câmara, uma vez por semana durante quatro semanas consecutivas. Assim no total, cada voluntário teria de estar disponível pelo menos 6 horas, sempre à mesma hora da parte de tarde, para minimizar o efeito de variações no ritmo circadiano.

Os ensaios foram realizados nas seguintes condições ambientais de temperatura (°C) e humidade relativa (HR):

- 22°C-40% HR, 22°C-80% HR, 32°C-40% HR e 32°C-80% HR.

Os voluntários foram instruídos tal como nos ensaios piloto, para não beberem café nem álcool 12 horas antes do ensaio e para descansarem bem na noite anterior. Foi informado que o Projeto de Investigação tinha sido aceite pela Comissão de Ética da Universidade de Porto e foi-lhes fornecido o consentimento informado, para assinar, assim como foi explicado que poderiam interromper o ensaio, se assim o desejassem.

Após registo dos dados individuais na ficha de ensaio (Anexo 9), eram colocados os sensores de temperatura da pele em 2 pontos do corpo (testa e pescoço), operação que demorava cerca de 10 minutos. Aguardaram 20 minutos em temperatura controlada no laboratório, no exterior da câmara climática, antes de entrarem para o ensaio, com a finalidade de garantir um controlo da estabilização da temperatura da pele antes da entrada da câmara. Antes do início do ensaio havia mais um período de estabilização de 10 minutos no interior da câmara. Neste período era colocado no escalpe do voluntário o equipamento para recolha do EEG.

De seguida permaneceriam 1 hora a desempenhar uma tarefa sedentária, apenas com um teste cognitivo (Go-No-Go). Cada voluntário preenchia um questionário de sensação térmica à entrada e à saída da câmara.

A medição da temperatura da pele na testa e no pescoço, resultou de uma decisão decorrente dos ensaios anteriores. Além disso, são indicados como pontos mais adequados para medir ou apoiar a medição da condição mental (Kataoka et al., 1998; Mizuno et al., 2009).

Recolhidos os dados nos Ensaios Finais foi efetuada a análise dos hemisférios esquerdo e direito, para as ondas *Alfa*; *Beta* e para a relação *Alfa* /*Beta*.



# PARTE III

## Dados, Resultados, Discussão, Conclusões e Perspetivas Futuras

---





## 4 DADOS E RESULTADOS DOS ENSAIOS FINAIS

Neste capítulo apresentam-se os resultados que nos permitiram responder às questões levantadas, ou seja, em que medida e em que sentido o ambiente térmico influencia a amplitude do sinal EEG das ondas *Alfa* e *Beta* na atividade cerebral em atividades sedentárias.

A realização dos testes preliminares anteriormente descritos, permitiu proceder a ajustes no protocolo de ensaio inicialmente previsto. As alterações introduzidas contribuíram para uma maior agilidade de procedimentos e um maior rigor com a eliminação dos vieses que foram sendo detetados.

### 4.1 Condições ambientais exteriores

Os Ensaio Finais foram realizados entre outubro de 2013 e abril de 2014. A título de exemplo apresentam-se na Tabela 49 as condições ambientais do laboratório e as condições exteriores<sup>13</sup> nos dias dos ensaios realizados na condição ambiental 22°C-40% HR. De notar que as iniciais (Rad) dizem respeito a radiação e (Vel) a velocidade.

Tabela 49 - Valores médios das condições ambientais a 22°C-40% HR

| Data       | Temp<br>Lab | HR<br>Lab | Temp<br>Ext<br>°C | HR<br>Ext<br>% | Rad.<br>atm<br>W.m <sup>-2</sup> | Pressão<br>atm<br>hPa | Direção<br>vento<br>(°) | Rad<br>solar<br>difusa<br>W.m <sup>-2</sup> | Rad.<br>solar<br>global<br>W.m <sup>-2</sup> | Vel. do<br>vento<br>m.s <sup>-1</sup> |
|------------|-------------|-----------|-------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|---|--|---------------------------------------|
| 2013.11.08 | 21,0        | 52,0      | 14,2              | 76,0           | 229,4                            | 1008,0                | 0,1                     | 28,0  | 28,0   | 3,4                                   |
| 2013.11.11 | 22,0        | 52,0      | 17,4              | 73,8           | 218,0                            | 1012,0                | 94,0                    | 17,0  | 17,0   | 1,1                                   |
| 2013.11.12 | 21,0        | 49,0      | 16,9              | 73,9           | 216,4                            | 1008,0                | 92,5                    | 16,0  | 17,0   | 0,9                                   |
| 2013.11.13 | 21,0        | 80,0      | 19,0              | 63,4           | 218,3                            | 1009,0                | 22,8                    | 15,0  | 16,0   | 1,2                                   |
| 2013.11.15 | 21,5        | 80,0      | 13,8              | 55,1           | 222,1                            | 1009,0                | 98,0                    | 12,0  | 14,0   | 1,8                                   |
| 2013.11.16 | 21,6        | 80,0      | 14,5              | 33,3           | 237,3                            | 1005,0                | 92,2                    | 19,0  | 21,0   | 1,2                                   |
| 2013.11.22 | 19,5        | 37,0      | 14,4              | 45,7           | 203,3                            | 998,0                 | 30,8                    | 58,0  | 304,0  | 1,6                                   |
| 2013.12.16 | 18,5        | 37,0      | 13,4              | 53,1           | 221,5                            | 1013,0                | 0,2                     | 97,0  | 279,0  | 2,3                                   |
| 2014.02.17 | 18,8        | 48,0      | 9,3               | 95,3           | 316,9                            | 996,0                 | 0,1                     | 38,0  | 40,0   | 1,7                                   |
| 2014.02.22 | 18,5        | 43,0      | 9,1               | 99,0           | 250,9                            | 1008,0                | 0,1                     | 10,0  | 12,0   | 0,7                                   |
| 2014.02.26 | 20,4        | 39,0      | 12,0              | 69,1           | 273,3                            | 1014,0                | 0,1                     | 66,0  | 68,0   | 2,3                                   |
| 2014.02.27 | 20,5        | 46,0      | 15,1              | 72,0           | 197,7                            | 1014,0                | 0,1                     | 66,0  | 178,0  | 0,7                                   |
| 2014.03.07 | 20,5        | 47,0      | 21,4              | 37,3           | 185,5                            | 1006,0                | 0,2                     | 38,0  | 188,0  | 0,8                                   |
| 2014.03.21 | 20,5        | 48,0      | 11,9              | 100,0          | 316,7                            | 1004,0                | 0,1                     | 73,0  | 74,0   | 0,7                                   |
| 2014.03.22 | 19,5        | 38,0      | 12,3              | 53,4           | 215,4                            | 1007,0                | 0,1                     | 73,0  | 263,0  | 1,8                                   |
| 2014.03.24 | 20,5        | 37,0      | 14,1              | 70,7           | 219,3                            | 1009,0                | 0,1                     | 92,0  | 260,0  | 1,0                                   |
| 2014.03.29 | 18,5        | 34,0      | 13,1              | 63,7           | 220,4                            | 992,0                 | 0,1                     | 94,0  | 235,0  | 2,3                                   |
| 2014.04.01 | 18,5        | 49,0      | 12,7              | 93,4           | 305,9                            | 984,0                 | 0,1                     | 76,0  | 78,0   | 1,5                                   |

atm- atmosférica

<sup>13</sup> Dados recolhidos no Laboratório de Física das Construções – LFC (2009) Estação Meteorológica do LFC / Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. In <http://experimenta.fe.up.pt/estacaometeorologica/> consultado em 19.07.2013

A restante informação sobre as condições ambientais exteriores dos restantes ensaios (22°C-80% HR, 32°C-40% HR e 32°C-80% HR) encontra-se nas tabelas do Anexo 21. Nestes ensaios a temperatura do laboratório, foi considerada a temperatura de partida de cada voluntário para cada condição climática a que consta na referida tabela. Na Tabela 50, apresentam-se alguns indicadores estatísticos para cada um dos parâmetros monitorizados nos Ensaio Finais.

Tabela 50 - Parâmetros estatístico das condições ambientais

| Condição Câmara Climática | Descritores Estatísticos | Temperatura Exterior (°C) | Humidade Exterior (%) | Temperatura Lab (°C) | Humidade Lab (%) |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|
| 22°C-40% HR               | Média                    | 14,1                      | 68,2                  | 20,1                 | 49,8             |
|                           | Desvio padrão            | 3,0                       | 19,5                  | 1,1                  | 14,9             |
|                           | Máximo                   | 21,4                      | 100                   | 22                   | 80               |
|                           | Mínimo                   | 9,1                       | 33,3                  | 18,5                 | 34               |
| 22°C-80% HR               | Média                    | 14,3                      | 69,4                  | 20,6                 | 46,6             |
|                           | Desvio padrão            | 4,5                       | 23,8                  | 0,8                  | 12,3             |
|                           | Máximo                   | 22,5                      | 100                   | 21,6                 | 80               |
|                           | Mínimo                   | 7,8                       | 30,2                  | 18,5                 | 32               |
| 32°C-40% HR               | Média                    | 12,7                      | 65,1                  | 20,4                 | 37,4             |
|                           | Desvio padrão            | 3,1                       | 20,0                  | 0,9                  | 6,1              |
|                           | Máximo                   | 19,1                      | 100                   | 22                   | 51               |
|                           | Mínimo                   | 6,9                       | 43,2                  | 18,4                 | 29,0             |
| 32°C-80% HR               | Média                    | 14,0                      | 69,4                  | 20,2                 | 43,6             |
|                           | Desvio padrão            | 3,9                       | 23,5                  | 1,3                  | 7,5              |
|                           | Máximo                   | 22,9                      | 100,2                 | 22,5                 | 59               |
|                           | Mínimo                   | 7,8                       | 30,1                  | 17                   | 32               |

## 4.2 Avaliação antropométrica

Na Tabela 51 estão mencionados os valores do IMC ( $\text{Kg.m}^{-2}$ ) calculados para cada voluntário para cada um dos ensaios.

Tabela 51 - Valor do IMC dos 18 voluntários que participaram nos ensaios sistemáticos

| 22°C-40% HR |          |      | 22°C-80% HR |        |      | 32°C-40% HR |         |      | 32°C-80% HR |         |      |
|-------------|----------|------|-------------|--------|------|-------------|---------|------|-------------|---------|------|
| Data        | Vol      | IMC  | Data        | Vol    | IMC  | Data        | Vol     | IMC  | Data        | Vol     | IMC  |
| 2014.02.22  | ACS1 Rep | 29,3 | 2014.01.11  | ACS2   | 29,1 | 2014.01.18  | ACS3    | 29,2 | 2014.02.23  | ACS4    | 29,4 |
| 2014.02.26  | CBA1     | 25,7 | 2014.03.03  | CBA2   | 25,7 | 2014.03.22  | CBA3    | 25,5 | 2014.03.17  | CB4     | 25,8 |
| 2013.11.13  | CF1      | 30,4 | 2013.11.20  | CF2    | 31,1 | 2014.03.13  | CPC3    | 26,5 | 2014.03.20  | CPC4    | 26   |
| 2014.02.27  | CPC1     | 26,6 | 2014.03.06  | CPC2   | 26,6 | 2013.11.27  | CSF3    | 31   | 2013.12.04  | CSF4    | 30,6 |
| 2014.04.01  | DC1      | 21   | 2014.04.08  | DC2    | 21,1 | 2014.03.28  | DC3     | 20,9 | 2014.04.03  | DC4     | 20,9 |
| 2013.11.12  | DF1      | 29,8 | 2014.03.01  | DF2Rep | 30,2 | 2013.11.26  | DF3     | 29,4 | 2013.12.03  | DF4     | 29,8 |
| 2013.11.08  | EQC1     | 20,1 | 2013.11.15  | EQC2   | 20,4 | 2014.02.21  | EQC3Rep | 21   | 2014.02.28  | EQC4Rep | 20,6 |
| 2014.03.22  | ETC1     | 20,6 | 2014.03.16  | ETC2   | 20,9 | 2014.03.15  | ETC3    | 20,7 | 2014.03.23  | ETC4    | 20,8 |
| 2013.11.16  | HMP1     | 22,9 | 2014.03.19  | HMP2   | 22,9 | 2014.03.26  | HMP3Rep | 23   | 2014.03.12  | HMP4    | 23   |
| 2013.11.11  | HP1      | 16,8 | 2013.11.25  | HP2    | 16,8 | 2013.12.02  | HP3     | 16,8 | 2014.03.01  | HP4Rep  | 20,6 |
| 2013.11.22  | JMB1     | 31,9 | 2013.12.05  | JMB2   | 31,7 | 2013.12.12  | JMB3    | 32,3 | 2014.01.13  | JMB4    | 32,9 |
| 2014.03.07  | JMM1     | 25,1 | 2014.03.14  | JMM2   | 25,6 | 2014.03.15  | JMM3    | 25,6 | 2014.03.08  | JMM4    | 25,4 |
| 2014.03.24  | JSB1Rep  | 23,6 | 2014.04.10  | JSB2   | 24,2 | 2014.04.14  | JSB3    | 23,9 | 2014.03.31  | JSB4    | 22,6 |
| 2013.12.16  | MLM1     | 26,3 | 2014.01.10  | MLM2   | 26,3 | 2014.01.17  | MLM3    | 26,4 | 2014.02.19  | MLM4    | 26,9 |
| 2013.11.15  | PP1      | 28   | 2014.03.08  | PP2Rep | 28   | 2013.11.30  | PP3     | 28   | 2014.03.01  | PP4Rep  | 27,7 |
| 2014.02.17  | RC1Rep   | 31,1 | 2014.02.24  | RC2    | 31,2 | 2014.03.04  | RC3     | 31,2 | 2014.03.10  | RC4     | 31,1 |
| 2014.03.21  | TS1Rep   | 21,5 | 2014.03.11  | TS2Rep | 21,5 | 2014.03.05  | TS3Rep  | 21,5 | 2014.03.25  | TS4Rep  | 22,3 |
| 2014.03.29  | TZ1      | 17,8 | 2014.04.09  | TZ2    | 18,1 | 2014.03.27  | TZ3     | 17,9 | 2014.04.03  | TZ4     | 18   |

Na Tabela 52 encontram-se os valores das medidas de tendência central referentes ao IMC calculado para os 18 voluntários, onde se pode verificar que as médias do IMC oscilaram entre 24,9 e 25,2 ( $\text{Kg.m}^{-2}$ ).

| Tabela 52 - Parâmetros estatísticos básicos para o IMC dos 18 voluntários |                              |      |
|---|------------------------------|------|
| Condição Câmara Climática   | Medidas de tendência central | IMC  |
| 22°C-40%HR  | Média                        | 24,9 |
|   | Desvio padrão                | 4,7  |
|   | Máximo                       | 31,9 |
|   | Mínimo                       | 16,8 |
| 22°C-80%HR  | Média                        | 25,1 |
|   | Desvio padrão                | 4,6  |
|   | Máximo                       | 31,7 |
|   | Mínimo                       | 16,8 |
| 32°C-40%HR  | Média                        | 25,0 |
|   | Desvio padrão                | 4,6  |
|   | Máximo                       | 32,3 |
|   | Mínimo                       | 16,8 |
| 32°C-80%HR  | Média                        | 25,2 |
|   | Desvio padrão                | 4,4  |
|   | Máximo                       | 32,9 |
|   | Mínimo                       | 18,0 |

A avaliação antropométrica dos voluntários está registada na Tabela 53 onde se apresentam as características básicas antropométricas da amostra, a partir dos quais o índice de massa corporal (IMC) foi calculado.

| Tabela 53 - Parâmetros estatísticos para cada variável avaliada para os 18 voluntários |              |           |           |                           |
|--|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
|  | Idade (anos) | Peso (Kg) | Altura(m) | IMC( $\text{kg.m}^{-2}$ ) |
| Média  | 37,20        | 74,47     | 1,75      | 25,07                     |
| Desvio Padrão  | 13,76        | 12,23     | 0,07      | 4,45                      |
| Máximo   | 58,00        | 96,60     | 1,88      | 32,94                     |
| Mínimo   | 19,00        | 58,00     | 1,62      | 16,76                     |

### 4.3 Temperatura da pele

A Figura 85 ilustra a evolução da temperatura média da testa nas diferentes condições de ensaio. Podem aí observar-se perfeitamente definidos os tempos de estabilização e respetivos efeitos na estabilização da temperatura da pele. Primeiro, 20 minutos no exterior da câmara e depois, 10 minutos no interior da câmara antes do início dos ensaios.

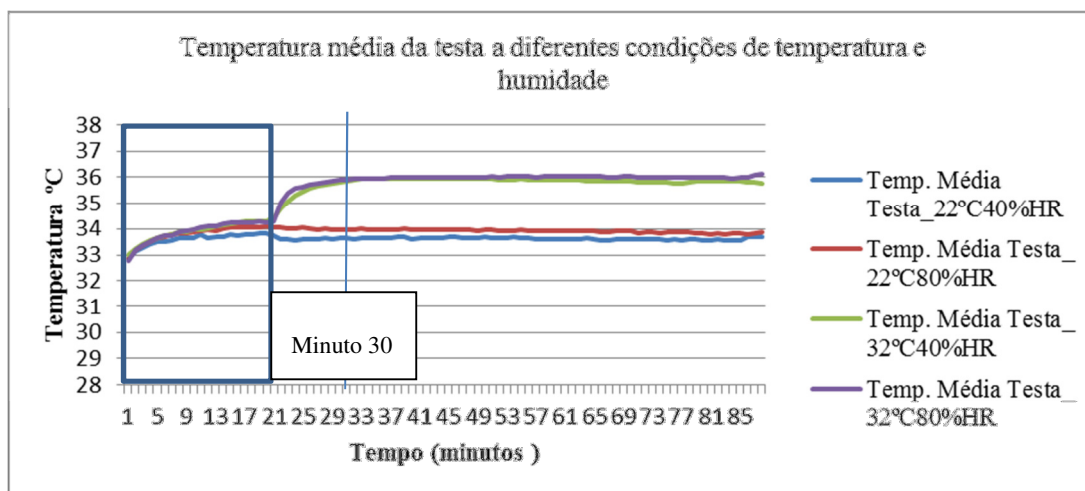


Figura 85 - Temperatura média da testa em diferentes condições climáticas.

Na Tabela 54 são apresentados os valores da média e desvio padrão da temperatura da testa, entre o minuto 30 e o final do ensaio (minuto 90), para o conjunto dos voluntários. Pode aí verificar-se que o desvio padrão para a temperatura da testa em cada condição exposta foi de 0,1°C, com exceção da condição de 22°C-80%HR em que o desvio padrão foi de 0,2°C. No gráfico da Figura 86 são apresentados os valores da temperatura do pescoço nas diferentes condições de ensaio.

Tabela 54 - Parâmetros estatísticos para a temperatura da testa.

|               | Tempertura Média da Testa entre o minuto 30 e o minuto 90 |            |            |            |
|---------------|---|------------|------------|------------|
|               | 22°C40% HR  | 22°C80% HR | 32°C40% HR | 32°C80% HR |
| Média         | 33,6  | 33,9       | 35,9       | 36,0       |
| Desvio Padrão | 0,1   | 0,2        | 0,1        | 0,1        |
| Máximo        | 33,9  | 34,6       | 36,5       | 36,4       |
| Mínimo        | 33,4  | 33,6       | 35,8       | 35,9       |

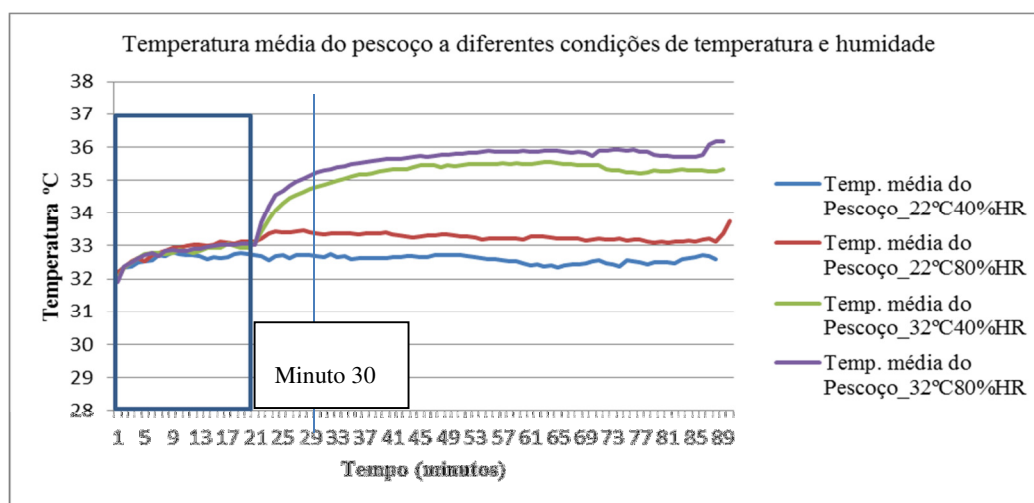


Figura 86 - Temperatura do pescoço em diferentes condições climáticas

Na Tabela 55 são apresentados os valores da média, desvio padrão, valor mínimo e máximo registados da temperatura da pele no pescoço para o conjunto dos voluntários entre o minuto 30 e o 90. Verifica-se, que o desvio padrão para a temperatura do pescoço foi de 0,2°C com exceção da condição 22°C-40% HR em que foi de 0,1°C.

Tabela 55 - Parâmetros estatísticos para a temperatura do pescoço

|               | Temperatura Média do Pescoço entre o minuto 30 e o minuto 90 |             |             |             |
|---------------|--|-------------|-------------|-------------|
|               | 22°C 40% HR  | 22°C 80% HR | 32°C 40% HR | 32°C 80% HR |
| Média         | 32,6   | 33,3        | 35,4        | 35,8        |
| Desvio padrão | 0,1  | 0,2         | 0,2         | 0,2         |
| Máximo        | 33,3   | 34,0        | 36,0        | 36,4        |
| Mínimo        | 32,3   | 33,1        | 34,9        | 35,3        |

#### 4.4 Desidratação

Nos ensaios realizados os resultados da desidratação encontrados para cada voluntário são apresentados na Tabela 56.

A taxa de desidratação é dada pela expressão:

$$Tx = \left( \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) * 100$$

Tabela 56 - Valores referentes à perda de peso para em cada ensaio realizado

| Vol  | 22°C-40% HR |        |       | 22°C-80% HR |        |       | 32°C-40% HR |        |       | 32°C-80% HR |        |       |
|------|-------------|--------|-------|-------------|--------|-------|-------------|--------|-------|-------------|--------|-------|
|      | Pi(kg)      | Pf(kg) | Tx(%) | Pi(kg)      | Pf(kg) | Tx(%) | Pi(kg)      | Pf(kg) | Tx(%) | Pi(kg)      | Pf(kg) | Tx(%) |
| ACS1 | 94,8        | 94,8   | 0     | 94,2        | 94,2   | 0     | 94,7        | 94,7   | 0     | 95,4        | 95,2   | 0,21  |
| CBA1 | 74,4        | 74,3   | 0,13  | 74,35       | 74,3   | 0,07  | 73,8        | 73,7   | 0,14  | 74,5        | 74,45  | 0,07  |
| CPC1 | 76,9        | 76,9   | 0,00  | 77          | 76,9   | 0,13  | 76,6        | 76,5   | 0,13  | 75,2        | 75,2   | 0,00  |
| CSF1 | 87,9        | 87,8   | 0,11  | 89,8        | 89,8   | 0,00  | 89,5        | 89,5   | 0,00  | 88,4        | 88,35  | 0,06  |
| DC1  | 60,6        | 60,6   | 0,00  | 61          | 61     | 0,00  | 60,3        | 60,2   | 0,17  | 60,4        | 60,1   | 0,50  |
| DF1  | 96,6        | 96,5   | 0,10  | 97,8        | 97,8   | 0,00  | 95,4        | 95,4   | 0,00  | 96,5        | 96,5   | 0,00  |
| EQC1 | 58          | 58     | 0,00  | 58,9        | 58,85  | 0,08  | 60,6        | 60,5   | 0,17  | 59,6        | 59,6   | 0,00  |
| ETC1 | 59,6        | 59,6   | 0,00  | 60,5        | 60     | 0,83  | 59,7        | 59,55  | 0,25  | 60          | 59,9   | 0,17  |
| HMP  | 74,2        | 74,15  | 0,07  | 74,3        | 74,25  | 0,07  | 74,5        | 74,5   | 0,00  | 74,45       | 74,3   | 0,20  |
| HP1  | 60,5        | 60,4   | 0,17  | 60,5        | 60,4   | 0,17  | 60,5        | 60,5   | 0,00  | 74,8        | 74,65  | 0,20  |
| JMB1 | 92,1        | 92     | 0,11  | 91,75       | 91,75  | 0,00  | 93,4        | 93,3   | 0,11  | 95,2        | 95     | 0,21  |
| JMM1 | 81,4        | 81,4   | 0,00  | 82,9        | 82,85  | 0,06  | 83,1        | 83     | 0,12  | 82,2        | 81,8   | 0,49  |
| JSB  | 76,4        | 76,4   | 0,00  | 78,3        | 78,3   | 0,00  | 77,3        | 77,3   | 0,00  | 73,3        | 73,3   | 0,00  |
| MLM1 | 67,3        | 67,3   | 0,00  | 67,2        | 67,2   | 0,00  | 67,7        | 67,7   | 0,00  | 68,9        | 68,85  | 0,07  |
| PP1  | 81          | 81     | 0,00  | 80,9        | 80,8   | 0,12  | 80,8        | 80,8   | 0,00  | 80          | 79,8   | 0,25  |
| RC1  | 89,9        | 89,9   | 0,00  | 90,1        | 90,1   | 0,00  | 90,2        | 90,2   | 0,00  | 89,9        | 89,85  | 0,06  |
| TS1  | 62,2        | 62,15  | 0,08  | 62,2        | 62     | 0,32  | 62,2        | 62,2   | 0,00  | 62,5        | 62,5   | 0,00  |
| TZ1  | 64,1        | 64,1   | 0,00  | 65,5        | 65,4   | 0,15  | 64,7        | 64,4   | 0,46  | 65          | 65     | 0,00  |

Vol- Voluntário; Pi- Peso inicial; Pf-Peso final; Tx-Perda de peso em %

Na Tabela 57, apresentam-se os valores de medidas estatísticas. Olhando para os valores da taxa de desidratação, verifica-se que variam entre o valor mínimo de 0,00% e o valor máximo de 0,83%.

Tabela 57 - Medidas de tendência central e variabilidade

|               | 22°C-40%HR |       |      | 22°C-80%HR |       |      | 32°C-40%HR |       |      | 32°C-80%HR |       |      |
|---------------|------------|-------|------|------------|-------|------|------------|-------|------|------------|-------|------|
| Vol           | Pi         | Pf    | Tx   | Pi         | Pf    | Tx   | Pi         | Pf    | Tx   | Pi         | Pf    | Tx   |
| Média         | 75,44      | 75,41 | 0,04 | 75,96      | 75,88 | 0,11 | 75,83      | 75,78 | 0,09 | 76,46      | 76,35 | 0,14 |
| Desvio padrão | 12,70      | 12,69 | 0,06 | 12,70      | 12,76 | 0,19 | 12,63      | 12,66 | 0,12 | 12,24      | 12,23 | 0,15 |
| Máximo        | 96,60      | 96,50 | 0,17 | 97,80      | 97,80 | 0,83 | 95,40      | 95,40 | 0,46 | 96,50      | 96,50 | 0,50 |
| Mínimo        | 58,00      | 58,00 | 0,00 | 58,90      | 58,85 | 0,00 | 59,70      | 59,55 | 0,00 | 59,60      | 59,60 | 0,00 |

Vol- Voluntário; Pi- Peso inicial; Pf-Peso final; Tx-Perda de peso em %

#### 4.5 Avaliação da sensação térmica

Neste ponto apresentam-se os resultados em quatro vertentes:

1. Estilo de vida dos voluntários,
2. Avaliação da sensação térmica no início e no final do ensaio,
3. Como gostariam de estar no exato momento da resposta ao questionário,
4. Quais os sintomas que sentiram no início e no final do ensaio.

Quanto ao estilo de vida, cada voluntário respondeu a quatro questões que lhes foram colocadas antes de iniciar os ensaios com a finalidade de avaliar os hábitos de cada um. Assim, as questões colocadas foram:

1. “Ingeriu bebidas com cafeína nas últimas 12h”?
2. “Ingeriu bebidas alcoólicas nas últimas 12h”?
3. “Tomou algum tipo de medicamento”?
4. “Repousou bem durante a noite”?

Na Figura 87 apresentam-se as respostas dos voluntários às questões colocadas nas quatro condições ambientais para o item “Estilo de Vida”, nas 12 horas anteriores ao ensaio.

Na condição a 22°C-40%HR, registou-se 4 % de voluntários que consumiram álcool nas 12 horas anteriores ao início do ensaio, 52 a 54% dos voluntários descansaram bem a noite anterior ao ensaio, a percentagem de ingestão de medicamentos oscilou entre 10 e 14% e o consumo de café variou entre os 32% e os 46%.

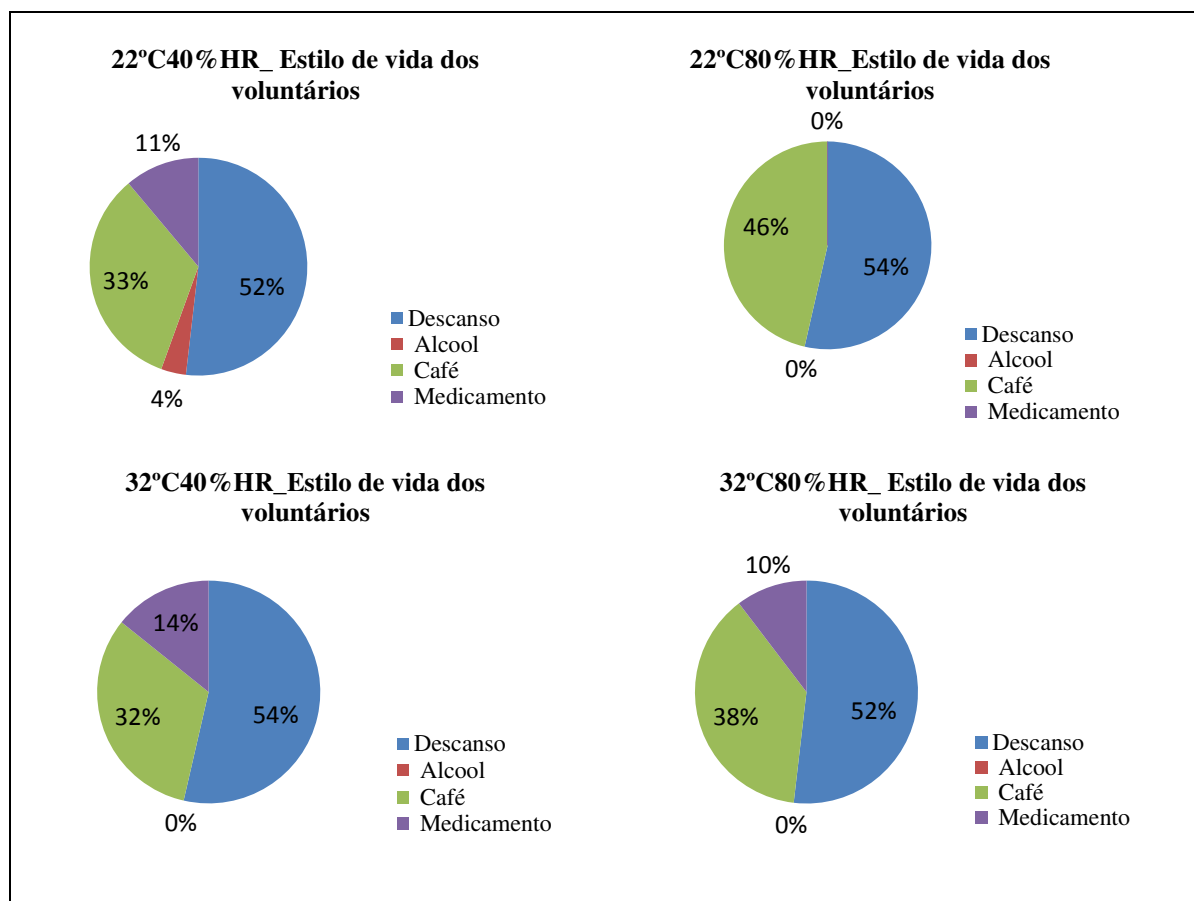


Figura 87 - Estilo de vida dos voluntários nas 12 horas antes de realizar o ensaio.

Um segundo questionário foi efetuado em dois momentos distintos (no início e no final de cada ensaio) e teve como objetivo:

- Avaliar a sensação térmica ao entrar na câmara;
- Avaliar como gostaria de estar em termos de condição ambiental;
- Avaliar eventuais sintomas no momento inicial do ensaio.

Este mesmo questionário foi repetido no final do ensaio, após uma hora:

- Avaliar a sensação térmica à saída da câmara;
- Avaliar como gostaria de estar em termos de condição ambiental;
- Avaliar eventuais sintomas no momento final do ensaio.

Nas Figuras 88, 89, 90 e 91 apresentam-se os resultados obtidos do questionário inicial e final para cada condição térmica estudada, para a sensação térmica ao entrar na câmara e no final do ensaio após uma hora de atividade.

Verifica-se que na condição ambiental 22°C-40%HR (Figura 88) há uma sensação de arrefecimento nítido na maior parte dos voluntários. Passa de uma sensação de frio em 7% dos voluntários no início do ensaio, para uma sensação de frio de 33% dos voluntários no

final do mesmo. Chama-se aqui a atenção que a temperatura da câmara se mantém constante ao longo de todo o ensaio, o mesmo se passando com a temperatura da pele na testa e do pescoço, que não variam no conjunto dos voluntários respetivamente, mais 0,5°C e de 1°C.

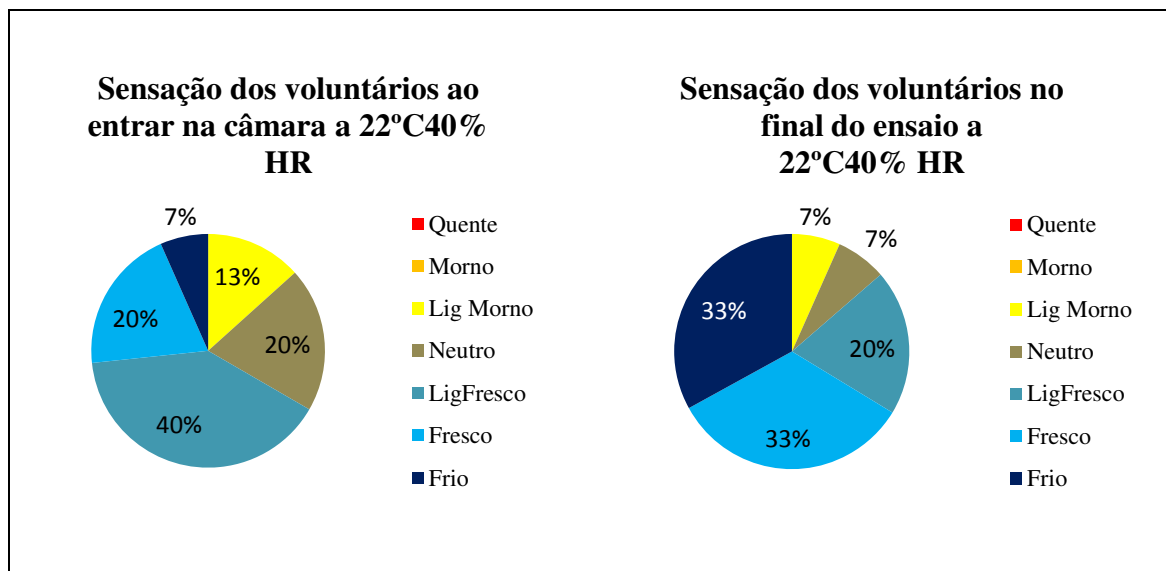


Figura 88 - Sensação térmica no início e no final de cada ensaio a 22°C-40% HR

Na condição ambiental de 22°C-80% HR (Figura 89), verifica-se que a sensação inicial varia de morno a ligeiramente fresco e ao fim de uma hora deixou de haver voluntários com a sensação “morno” passando a dar lugar a uma maior percentagem de sensação “ligeiramente fresco” e “fresco”. Tal como na condição ambiental anterior (22°C-40% HR) há uma sensação de arrefecimento, para variações na temperatura da testa e do pescoço respetivamente de 1°C e 0,9°C, no conjunto dos voluntários.

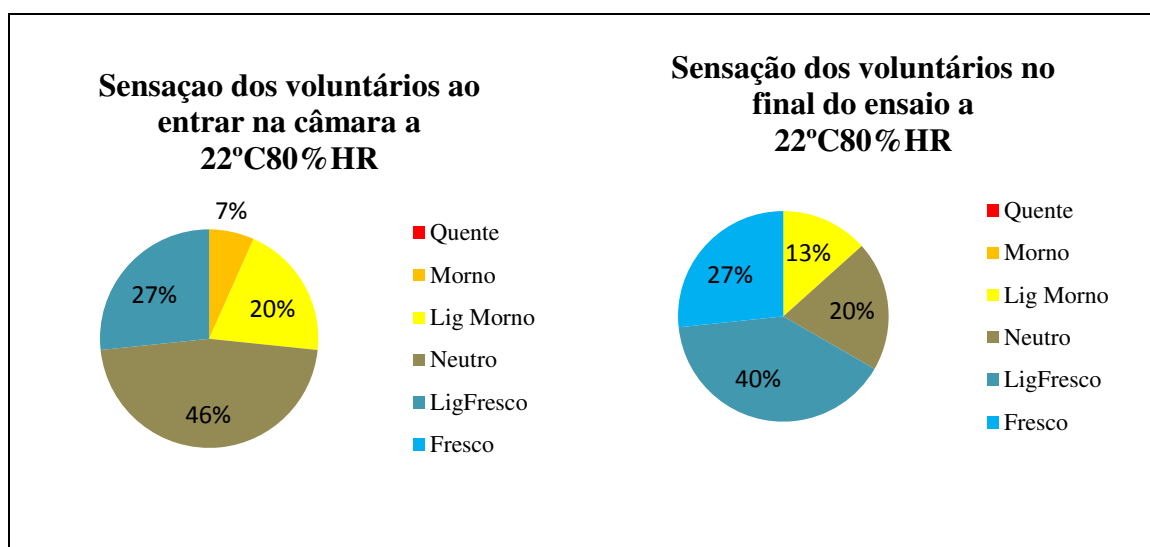


Figura 89 - Sensação térmica no início e no final de cada ensaio a 22°C-80% HR



Na condição ambiental 32°C-40% HR, Figura 90, verifica-se que os 27% dos voluntários que iniciam o ensaio com a sensação de “Quente” passam para 47% no final do ensaio, para variações na temperatura da testa e do pescoço respetivamente de 0,7°C e 1,1°C, no conjunto dos voluntários.

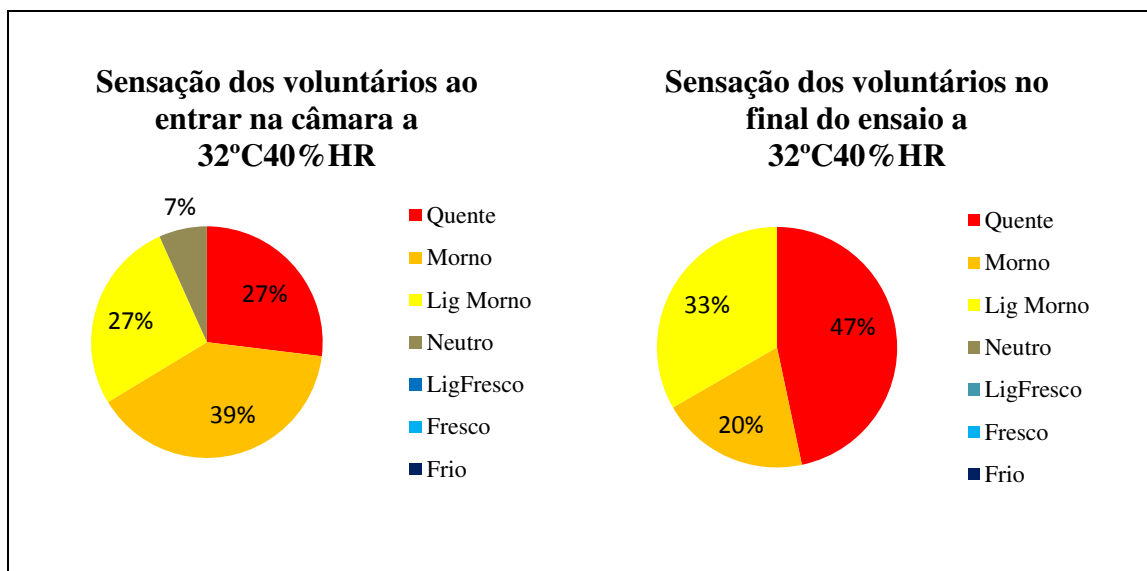


Figura 90 - Sensação térmica no início e no final de cada ensaio a 32°C-40% HR

Por fim, na condição ambiental 32°C-80% HR (Figura 91) verifica-se que os 13% de voluntários que sentiam a sensação “Neutra” no início do ensaio passaram para a sensação “Quente” no final do ensaio, para variações na temperatura da testa e do pescoço respetivamente de 0,5°C e 1,1°C, no conjunto dos voluntários.

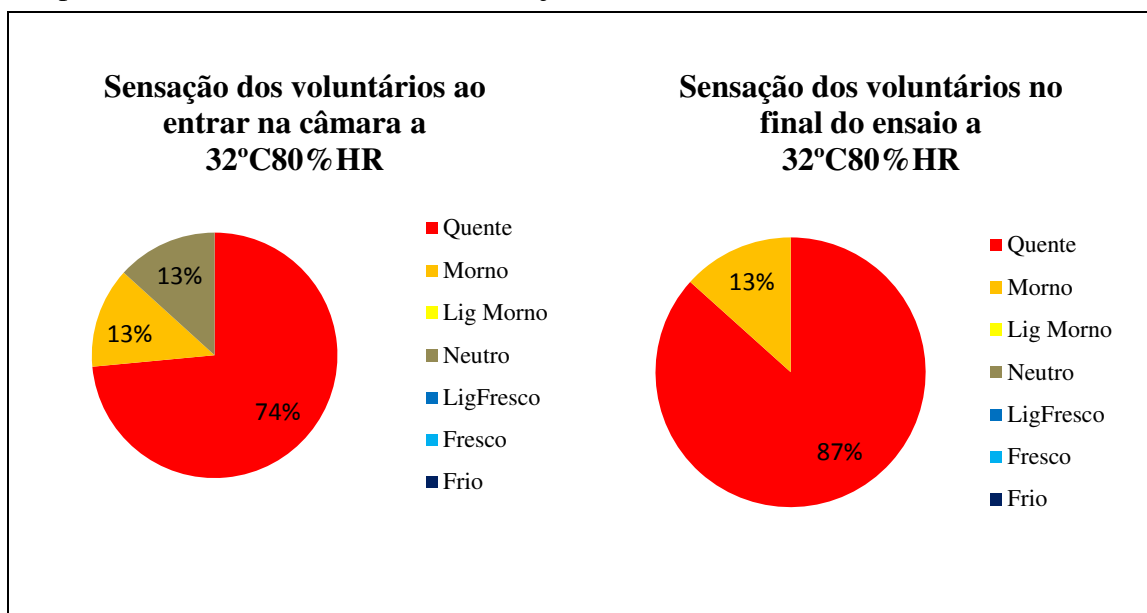


Figura 91 - Sensação térmica no início e no final de cada ensaio a 32°C-80% HR

Nas Figuras 92 a 94, apresentam-se os resultados da avaliação de como os voluntários gostariam de estar em termos de condição ambiental, quer no início quer no final do ensaio. Mais uma vez dependendo da condição térmica a resposta é diferente. Assim, para a condição de 22°C-40% HR, após uma hora de ensaio, desceu de 40% para 33% a percentagem dos voluntários que se declararam confortáveis (Figura 92).

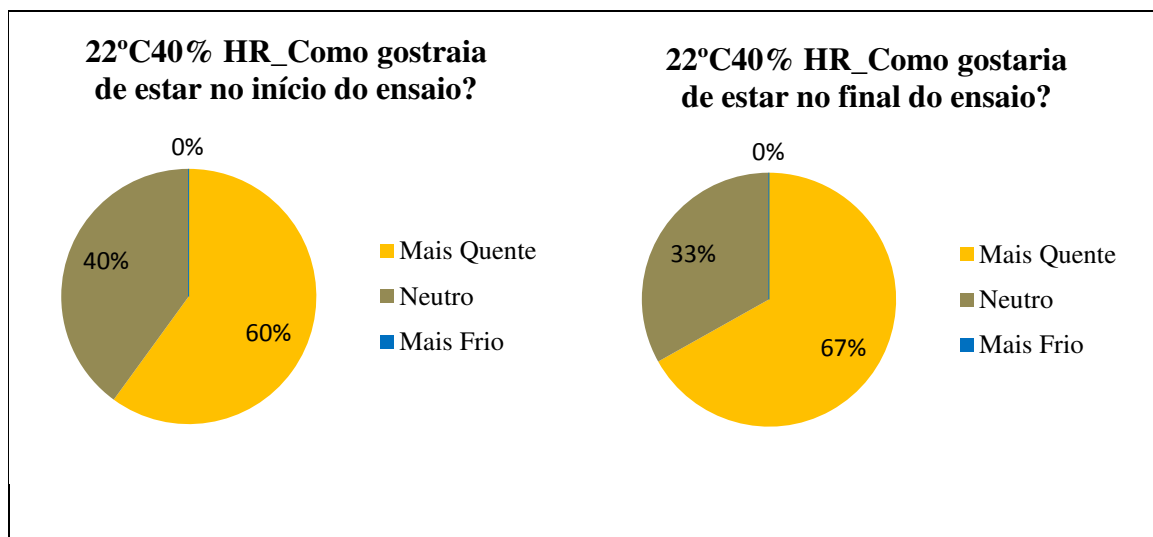


Figura 92 - Avaliação da preferência térmica a 22°C-40% HR

Por outro lado, ao alterar a humidade de 40% para 80% (Figura 93) com a mesma temperatura de 22°C, verifica-se, uma descida de 73% para 40% nos voluntários que se declararam confortáveis.

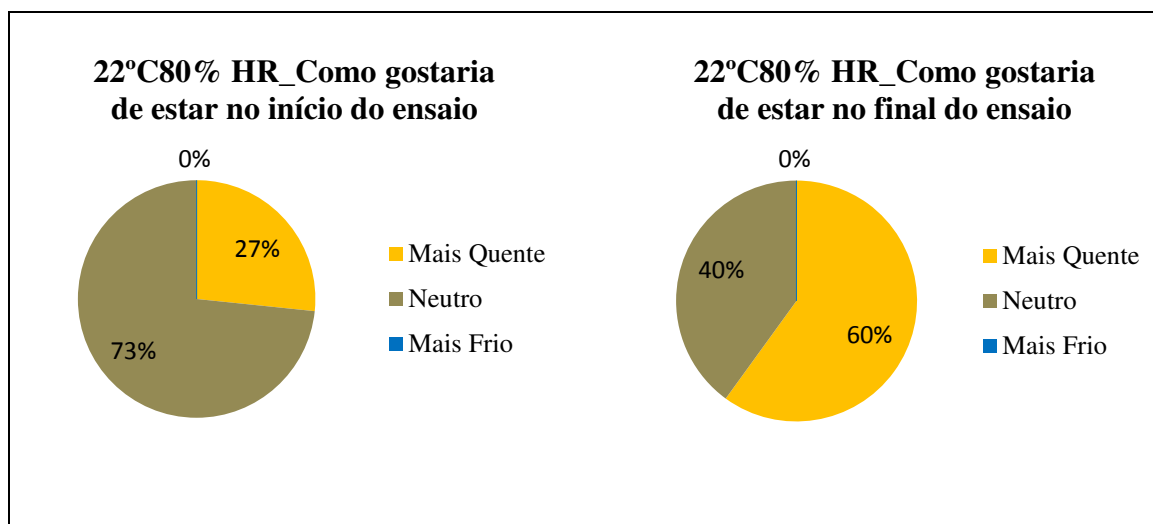


Figura 93 - Avaliação da preferência térmica a 22°C-80% HR

Analisando agora as condições mais quentes, na Figura 94 apresentam-se os resultados dos voluntários no início e final do ensaio cuja avaliação da sensação térmica se encontra no

início do ensaio num estado de neutralidade (87%) dando lugar a uma pretensão de estar num estado mais frio no final do ensaio. Sendo que, na condição 32°C-80% HR, Figura 95, a pretensão de se encontrar num ambiente mais fresco é superior.

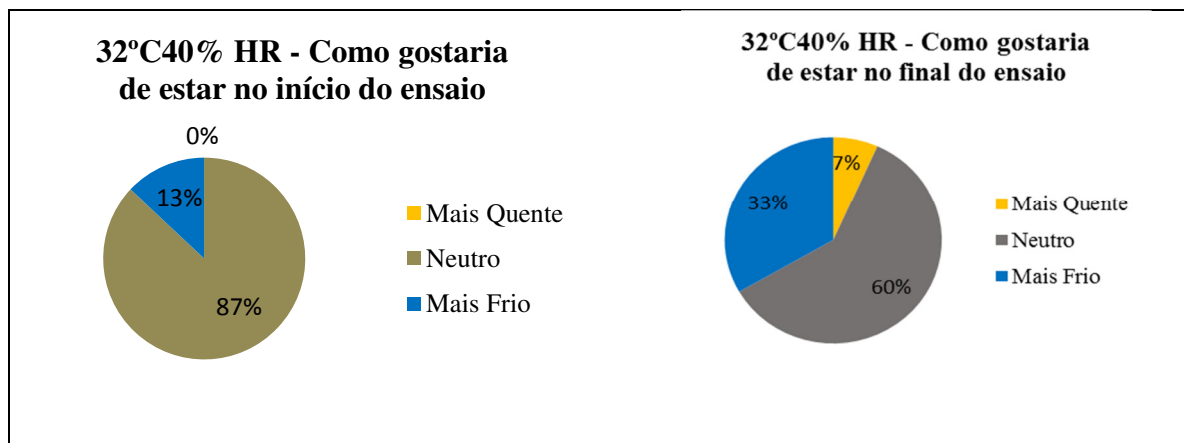


Figura 94 - Avaliação da preferência térmica a 32°C-40% HR

Quanto aos sintomas no início e no final dos ensaios, apresentam-se os resultados nas figuras 96, 97, 98 e 99.

Verifica-se que a sonolência é notória ao fim de uma hora de ensaio em qualquer uma das condições ensaiadas, seguindo-se o cansaço, ansiedade e apatia, sendo que o sintoma “perda de coordenação motora” foi assinalado em três das condições estudadas e “tonturas” foram apresentadas em uma das condições a 32°C-40% HR, tal como se pode ver na Figura 98.

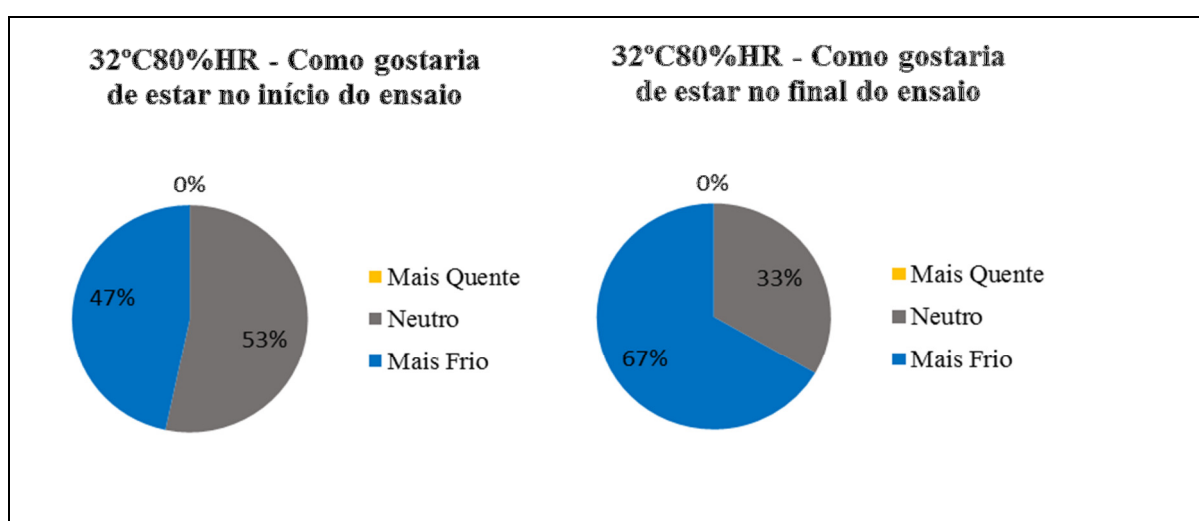


Figura 95 - Avaliação da preferência térmica a 32°C-80% HR

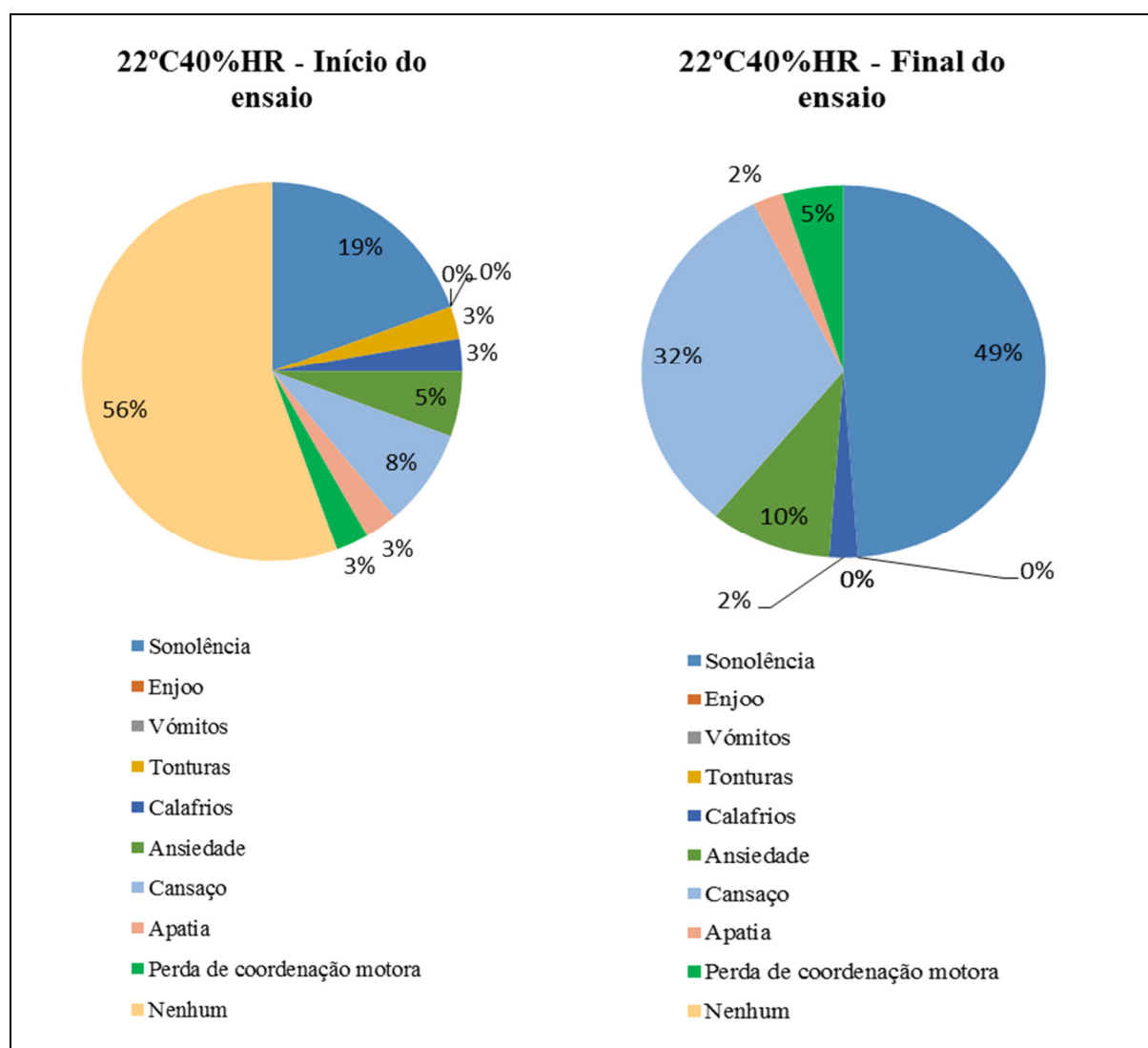


Figura 96 - Sintomas apresentados no início e final dos ensaios a 22°C-40% HR

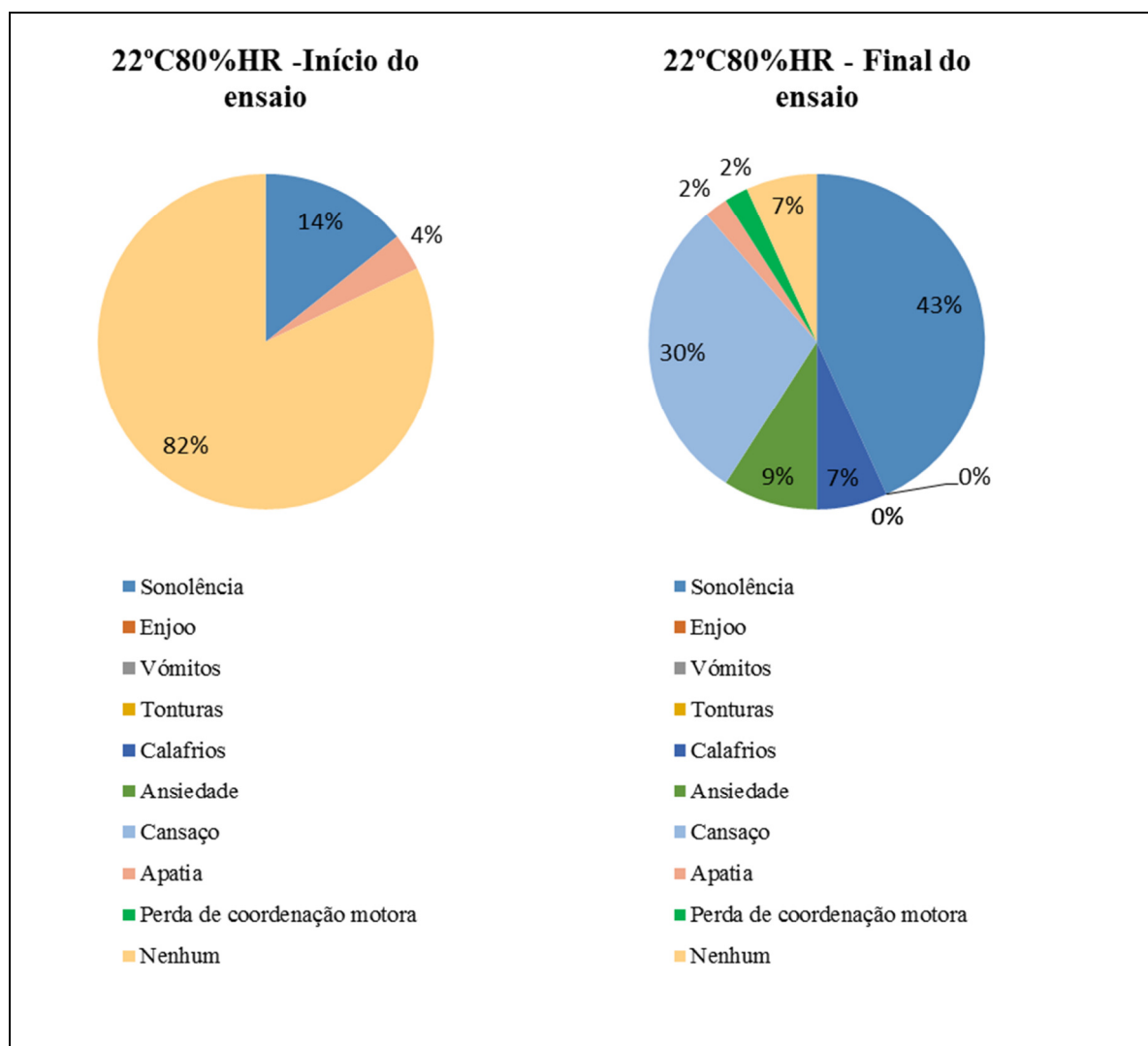


Figura 97 - Sintomas apresentados no início e final dos ensaios a 22°C-80% HR

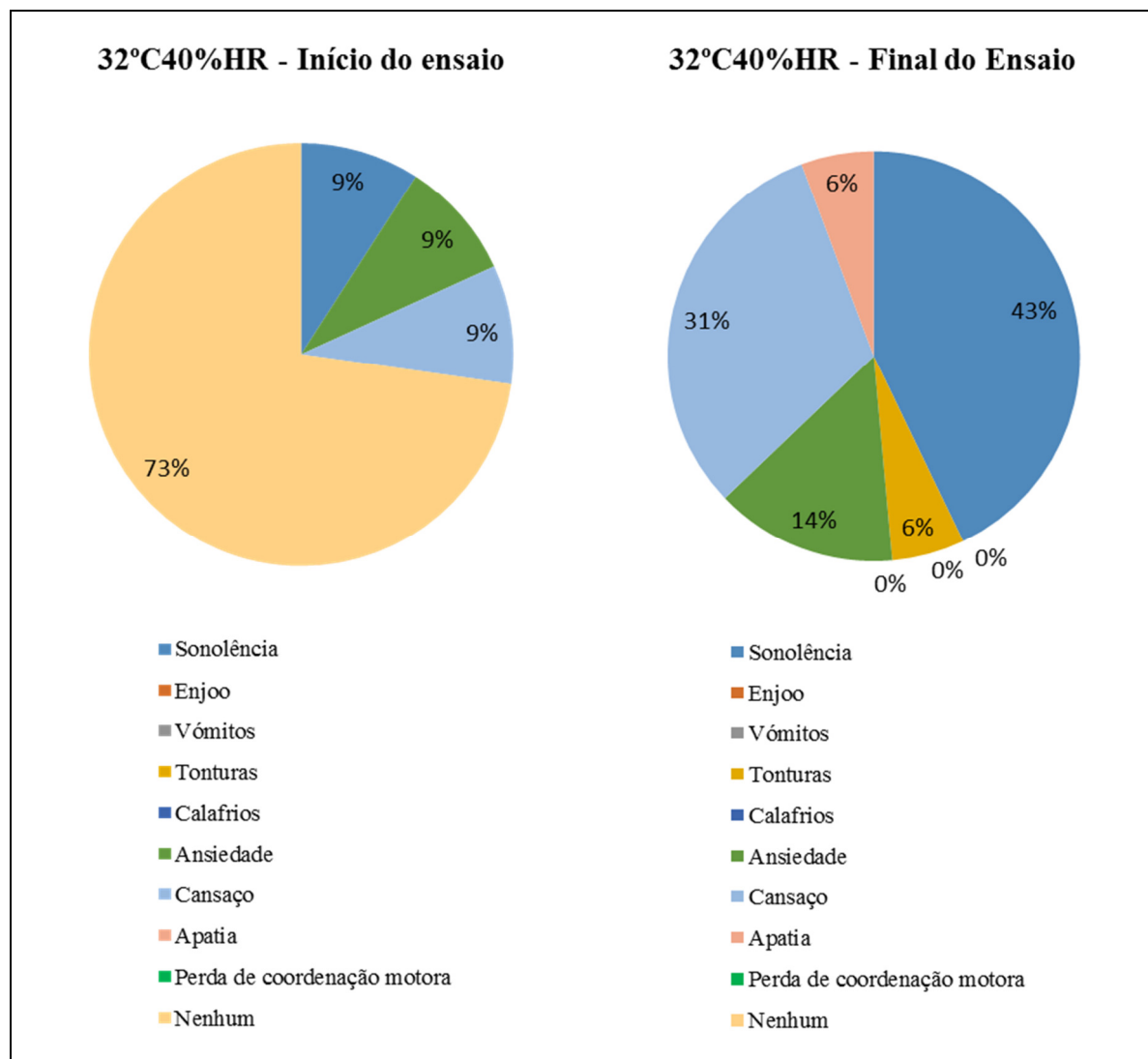


Figura 98 - Sintomas apresentados no início e final dos ensaios a 32°C-40% HR

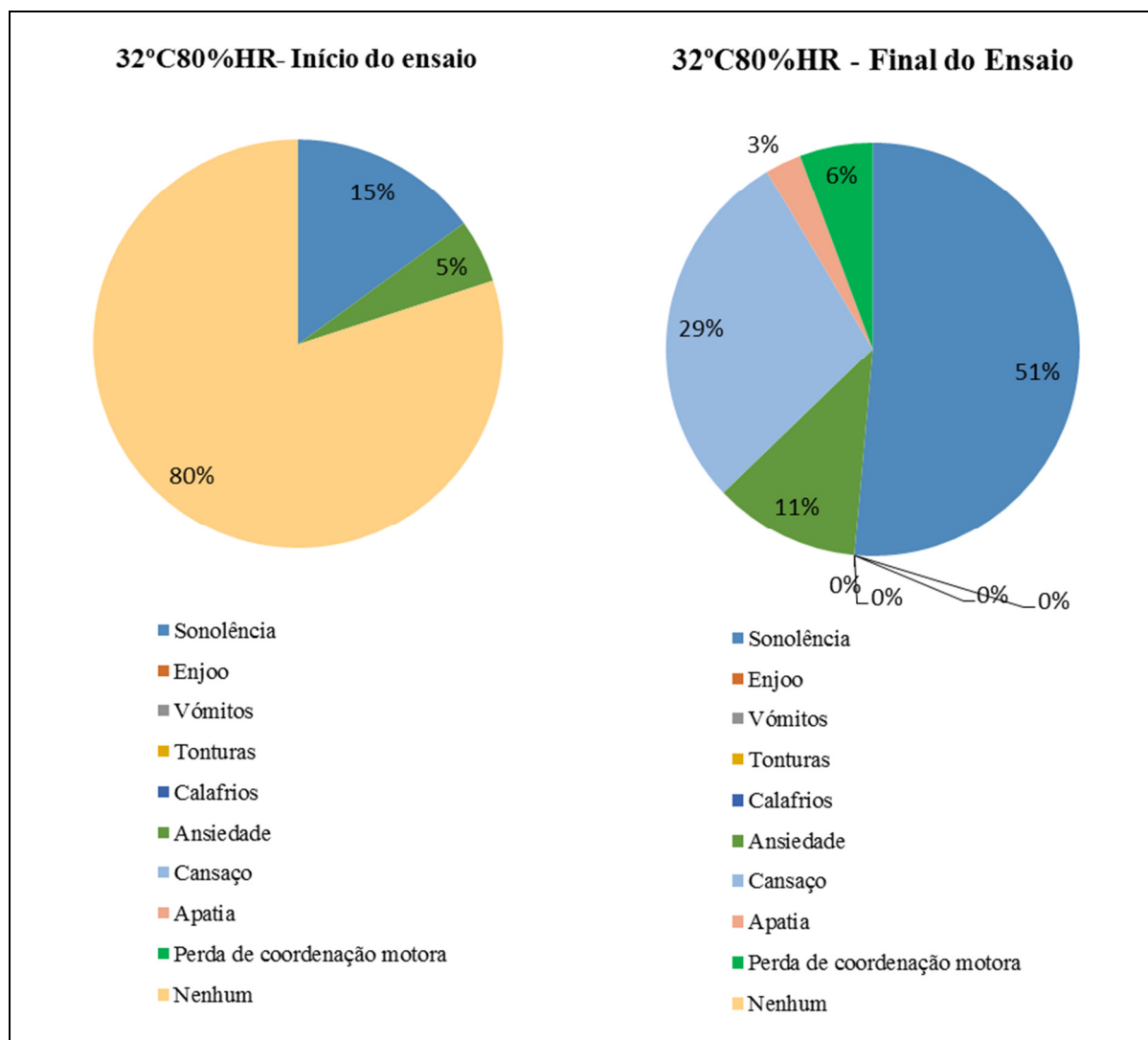


Figura 99 - Sintomas apresentados no início e final dos ensaios a 32°C-80% HR

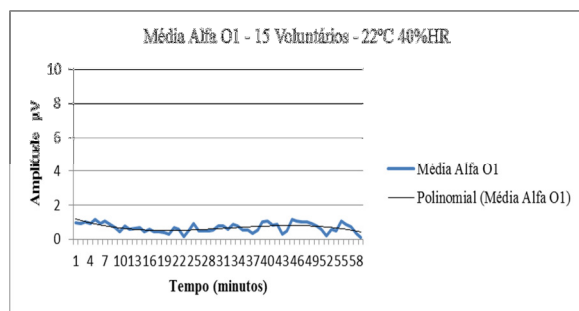
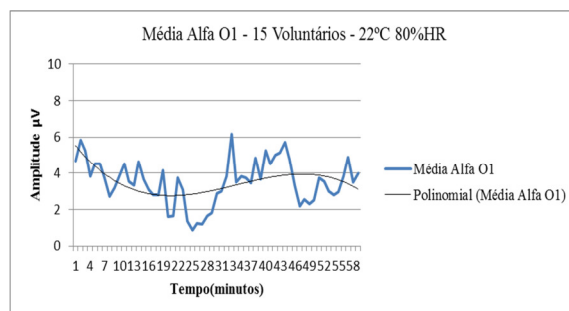
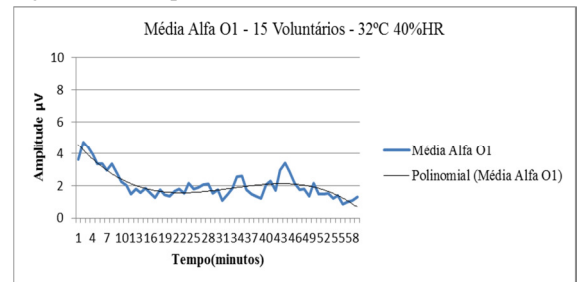
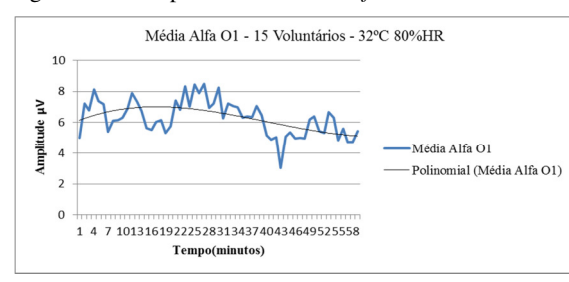
## 4.6 Amplitude das ondas *Alfa* e *Beta* no sinal EEG

Neste ponto apresentam-se os resultados da variação da amplitude das ondas *Alfa* e *Beta* assim como o respetivo rácio nos hemisférios esquerdo e direito.

### 4.6.1 Variação da amplitude das ondas *Alfa OI*

Os gráficos das Figuras 100 a 103 representam os valores médios das amplitudes das ondas *Alfa* para o hemisfério esquerdo (*OI*) dos 15 voluntários, com resultados dos ensaios que responderam às exigências de inclusão, nas condições 22°C-40% HR, 22°C-80% HR, 32°C-40% HR e, 32°C-80% HR ao longo dos 60 minutos de ensaio.

Para cada uma das condições, foi ajustada uma curva polinomial de grau 3 no sentido de obter um modelo de evolução para auxílio à interpretação dos resultados. Na Tabela 58 apresentam-se as equações polinomiais de 3º grau de cada uma das curvas ajustadas às ondas *Alfa O1*.

Figura 100 - Amplitude das ondas *Alfa O1* a 22°C-40% HRFigura 101 - Amplitude das ondas *Alfa O1* a 22°C-80% HRFigura 102 - Amplitude das ondas *Alfa O1* a 32°C-40% HRFigura 103 - Amplitude das ondas *Alfa O1* a 32°C-80% HRTabela 58 - Equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste (ondas *Alfa O1*)

| Legenda                                  | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|--|---|
| Linha Azul <i>Alfa O1</i> 22°C 40%HR     | $y = 4E-05x^3 + 0,0036x^2 - 0,0989x + 1,3005$           |
| Linha Vermelha <i>Alfa O1</i> 22°C 80%HR | $y = 0,0001x^3 + 0,0124x^2 - 0,3552x + 5,879$           |
| Linha Verde <i>Alfa O1</i> 32°C 40%HR    | $y = -0,0001x^3 + 0,0122x^2 - 0,3607x + 4,9063$         |
| Linha Violeta <i>Alfa O1</i> 32°C 80%HR  | $y = 4E-05x^3 - 0,0047x^2 + 0,127x + 6,0217$            |

#### 4.6.2 Variação da amplitude das ondas *Alfa O2*

Os gráficos das Figuras 104 a 107 representam os valores médios das amplitudes das ondas *Alfa* para o hemisfério direito (*O2*) dos 15 voluntários, encontrados nas condições 22°C-40% HR, 22°C-80% HR, 32°C-40% HR e, 32°C-80% HR ao longo dos 60 minutos de ensaio.



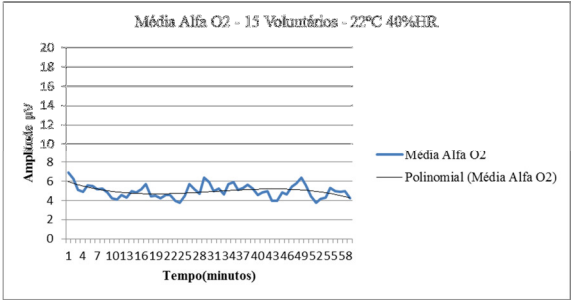


Figura 104 - Amplitude das ondas *Alfa O2* a 22°C-40% HR

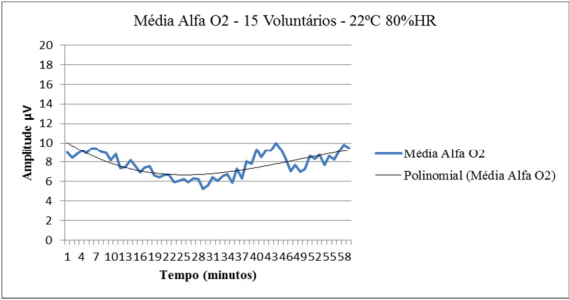


Figura 105 - Amplitudedas ondas *Alfa O2* a 22°C-80% HR

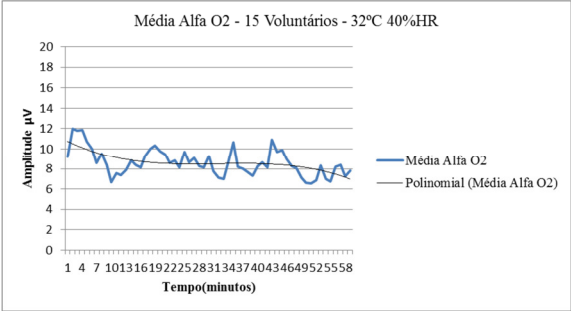


Figura 106 - Amplitude das ondas *Alfa O2* a 32°C-40% HR

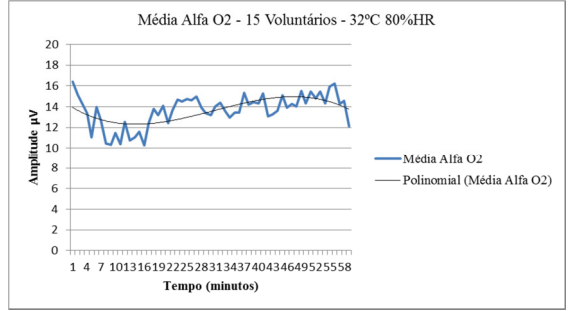


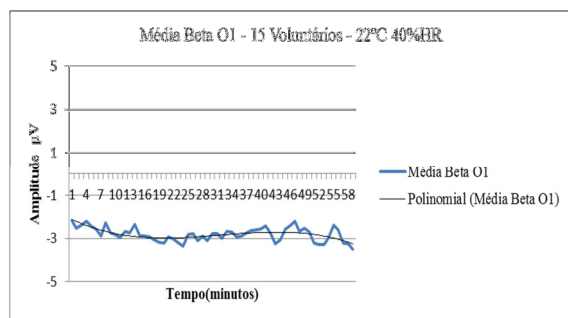
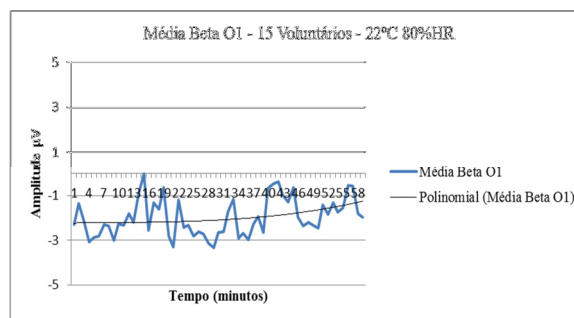
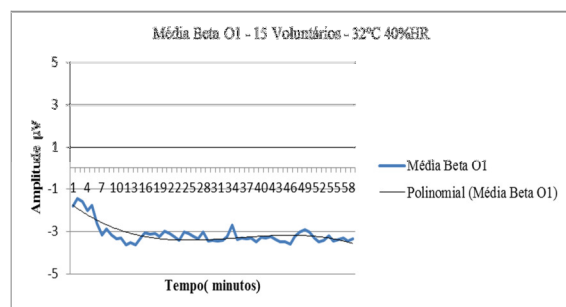
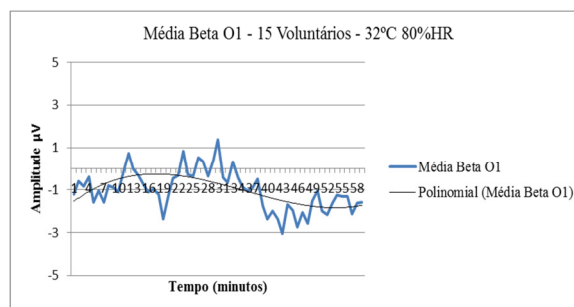
Figura 107 - Amplitude das ondas *Alfa O2* a 32°C-80% HR

Na Tabela 59 apresentam-se as equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste para as ondas *Alfa O2* para cada condição ambiental.

| Tabela 59 - Equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste (ondas <i>Alfa O2</i> ) |   |
|---|---|
| Legenda   | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
| Linha Azul <i>Alfa O2</i> 22°C 40%HR  | $y = -7E-05x^3 + 0,0067x^2 - 0,1763x + 6,1104$          |
| Linha Vermelha <i>Alfa O2</i> 22°C 80%HR  | $y = -6E-05x^3 + 0,009x^2 - 0,3346x + 10,387$           |
| Linha Verde <i>Alfa O2</i> 32°C 40%HR   | $y = -8E-05x^3 + 0,0081x^2 - 0,2494x + 11,005$          |
| Linha Violeta <i>Alfa O2</i> 32°C 80%HR   | $y = -0,0001x^3 + 0,0135x^2 - 0,2952x + 14,202$         |

### 4.6.3 Variação da amplitude das ondas *Beta O1*

Os gráficos das Figuras 108 a 111 representam os valores médios das amplitudes das ondas *Beta* para o hemisfério esquerdo (*O1*) dos 15 voluntários, encontrados nas condições 22°C-40% HR, 22°C-80% HR, 32°C-40% HR e, 32°C-80% HR ao longo dos 60 minutos de ensaio. Verifica-se pelos resultados obtidos que as amplitudes apresentam valores negativos.

Figura 108 - Amplitude das ondas *Beta O1* a 22°C-40%HRFigura 109 - Amplitude das ondas *Beta O1* a 22°C-80%HRFigura 110 - Amplitude das ondas *Beta O1* a 32°C-40%HRFigura 111 - Amplitude das ondas *Beta O1* a 32°C-80%HR

Na Tabela 60 encontram-se as curvas ajustadas às quatro condições para as ondas *Beta O1*

Tabela 60 - Equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste (ondas *Beta O1*)

| Legenda                                  | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|--|---|
| Linha Azul <i>Beta O1</i> 22°C 40%HR     | $y = -4E-05x^3 + 0,0042x^2 - 0,1149x - 1,9984$          |
| Linha Vermelha <i>Beta O1</i> 22°C 80%HR | $y = 6E-06x^3 - 0,0001x^2 + 0,0029x - 2,2356$           |
| Linha Verde <i>Beta O1</i> 32°C 40%HR    | $y = -5E-05x^3 + 0,0055x^2 - 0,1781x - 1,5976$          |
| Linha Violeta <i>Beta O1</i> 32°C 80%HR  | $y = 7E-05x^3 - 0,0072x^2 + 0,1888x - 1,7365$           |

#### 4.6.4 Variação da amplitude das ondas *Beta O2*

No caso do hemisfério direito as ondas *Beta O2* têm o comportamento que se apresenta nas Figuras 112, 113, 114 e 115 e, ao contrário das ondas *Beta O1*, estas apresentam amplitudes positivas.

Na Tabela 61 estão mencionadas as equações polinomiais de 3º grau de cada curva ajustada para cada condição ambiental.

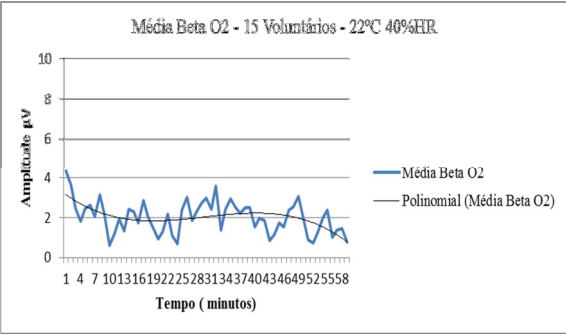


Figura 112 - Amplitude das ondas *Beta O2* a 22°C-40%HR

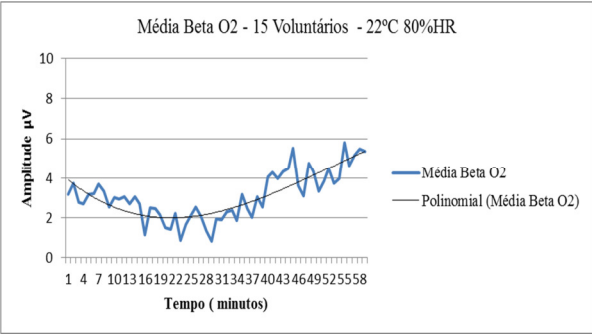


Figura 113 - Amplitude das ondas *Beta O2* a 22°C-80%HR

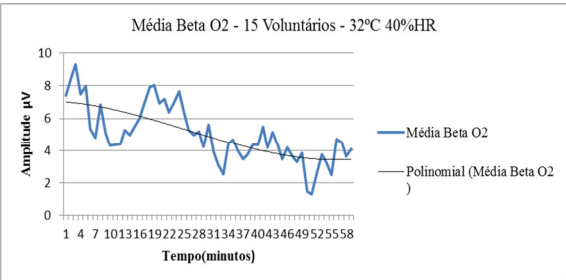


Figura 114 - Amplitude das ondas *Beta O2* a 32°C-40%HR

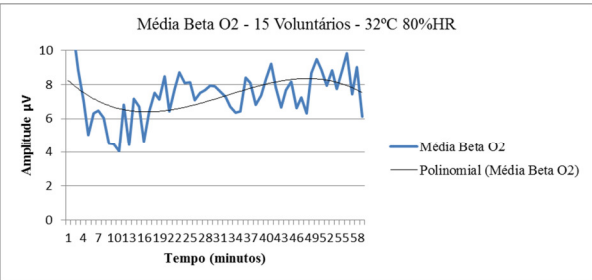


Figura 115 - Amplitude das ondas *Beta O2* a 32°C-80%HR

Tabela 61 - Equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste (ondas *Beta O2*)

| Legenda                                  | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|--|---|
| Linha Azul <i>Beta O2</i> 22°C 40%HR     | $y = -8E-05x^3 + 0,0072x^2 - 0,1862x + 3,334$           |
| Linha Vermelha <i>Beta O2</i> 22°C 80%HR | $y = -4E-05x^3 + 0,0066x^2 - 0,2215x + 4,1356$          |
| Linha Verde <i>Beta O2</i> 32°C 40%HR    | $y = 4E-05x^3 - 0,0028x^2 - 0,0204x + 7,0352$           |
| Linha Violeta <i>Beta O2</i> 32°C 80%HR  | $y = -0,0001x^3 + 0,0119x^2 - 0,2914x + 8,5271$         |

4.6.5 Variação da amplitude do rácio das ondas *Alfa O1/Beta O1*

Os gráficos das Figuras 116 a 119 estão representados os valores médios dos rácios *Alfa/Beta* para o hemisfério esquerdo (*O1*) dos 15 voluntários testados neste estudo, nas condições 22°C-40% HR, 22°C-80% HR, 32°C-40% HR e, 32°C-80% HR. Tal como nos casos anteriormente descritos, para cada uma das condições, foi ajustada uma curva polinomial de grau 3 no sentido de obter um modelo de evolução para auxílio à interpretação dos resultados.

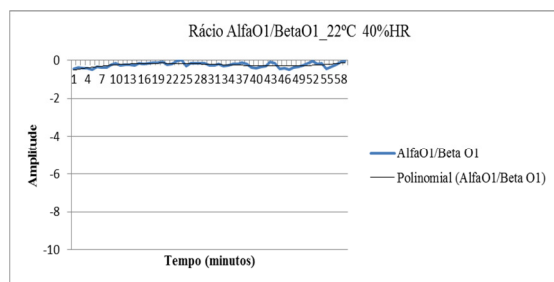


Figura 116 - Amplitude do rácio das ondas *Alfa O1/Beta O1* 22°C-40% HR

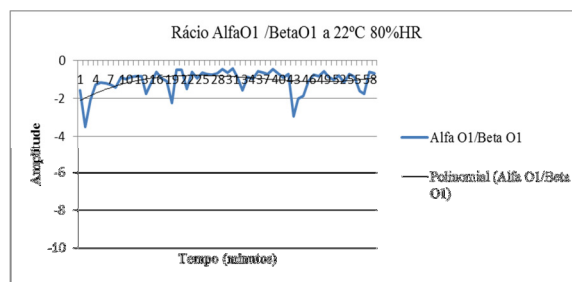


Figura 117 - Amplitude do rácio das ondas *Alfa O1/Beta O1* 22°C-80% HR

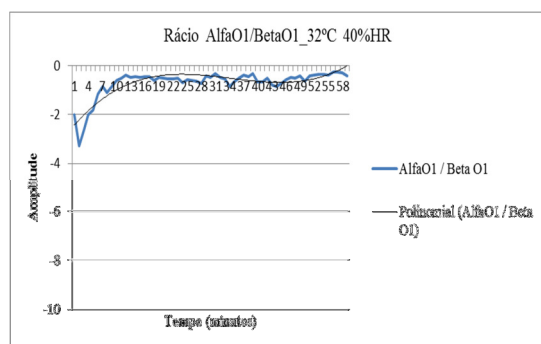


Figura 118 - Amplitude do rácio das ondas *Alfa O1/Beta O1* 32°C-40% HR

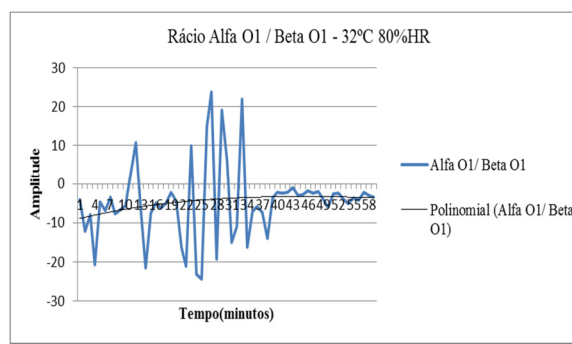


Figura 119 - Amplitude do rácio das ondas *Alfa O1/Beta O1* 32°C-80% HR

Na Tabela 62 apresentam-se as equações polinomiais de 3º grau de cada curva de ajuste para cada condição ambiental.

Tabela 62 - Equações polinomiais de 3º grau (ondas *Alfa O1/Beta O1*)

| Legenda   | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
|---|---|
| Linha Azul <i>Alfa O1 /Beta O1</i> 22°C 40%HR     | $y = 2E-05x^3 - 0,0017x^2 + 0,0477x - 0,5642$           |
| Linha Vermelha <i>Alfa O1/ Beta O1</i> 22°C 80%HR | $y = 0,0001x^3 - 0,0101x^2 + 0,2533x - 2,6589$          |
| Linha Verde <i>Alfa O1/Beta O1</i> 32°C 40%HR     | $y = 7E-05x^3 - 0,0076x^2 + 0,2353x - 2,6643$           |
| Linha Violeta <i>Alfa O1/Beta O1</i> 32°C 80%HR   | $y = -4E-05x^3 + 0,386x^2 - 8,17x - 6,279$              |

#### 4.6.6 Variação da amplitude do rácio das ondas *Alfa O2/Beta O2*

Os gráficos das figuras 120 a 123, representam os valores médios do rácio das ondas *Alfa/Beta* para o hemisfério direito (O2) dos 15 voluntários, nas condições 22°C-40% HR, 22°C-80% HR, 32°C-40% HR e, 32°C-80% HR. Tal como nos casos anteriormente descritos, para cada uma das condições, foi ajustada uma curva polinomial de grau 3 no sentido de obter um modelo de evolução para auxílio à interpretação dos resultados. Verifica-se que as amplitudes são positivas em todas as situações.

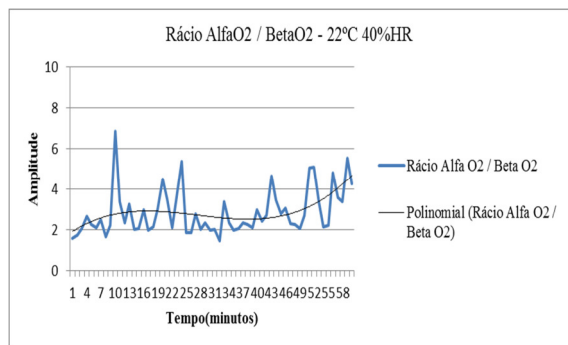


Figura 120 - Amplitude do rácio das ondas *AlfaO2/BetaO2* 22°C-40%HR

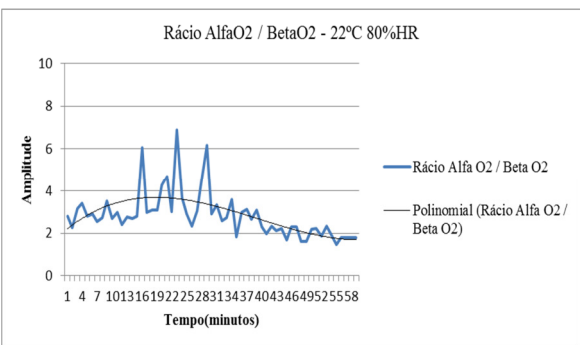


Figura 121 - Amplitude do rácio das ondas *AlfaO2/BetaO2* 22°C-80%HR

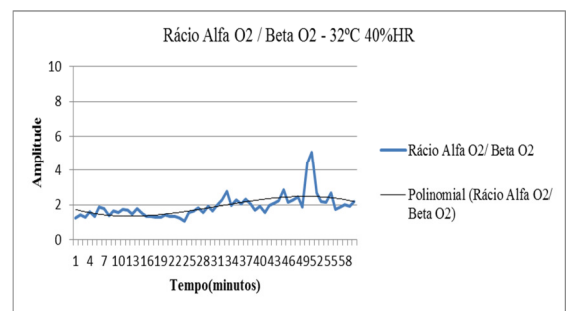


Figura 122 - Amplitude do rácio das ondas *AlfaO2/BetaO2* 32°C-40%HR

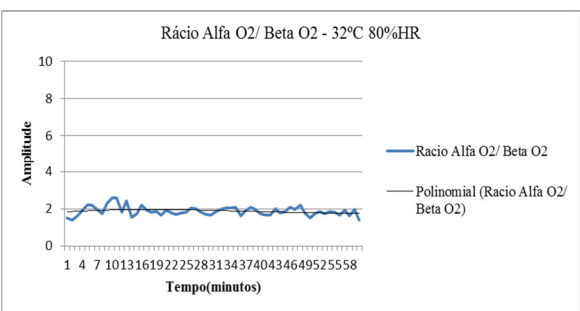


Figura 123 - Amplitude do rácio das ondas *AlfaO2/BetaO2* 32°C-80%HR

A Tabela 63 apresenta as equações polinomiais de 3º grau para cada condição ambiental

| Tabela 63 - Equações polinomiais de 3º grau (ondas <i>Alfa O2/Beta O2</i> ) |   |
|---|---|
| Legenda   | Equação polinomial de 3º grau para cada linha de ajuste |
| Linha Azul <i>Alfa O2/Beta O2</i> 22°C 40%HR                                | $y = 8E-05x^3 - 0,0069x^2 + 0,1605x + 1,7724$           |
| Linha Vermelha <i>Alfa O2/Beta O2</i> 22°C 80%HR                            | $y = 6E-05x^3 - 0,0069x^2 + 0,1987x + 2,0116$           |
| Linha Verde <i>Alfa O2/Beta O2</i> 32°C 40%HR                               | $y = -4E-05x^3 + 0,0041x^2 - 0,0811x + 1,8087$          |
| Linha Violeta <i>Alfa O2/BetaO2</i> 32°C 80%HR                              | $y = 1,03E-05x^3 - 0,100101x^2 + 0,0250x + 1,7859$      |



## **5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS ENSAIOS FINAIS**

No presente trabalho foi avaliada a evolução da amplitude do sinal EEG ao longo de uma hora numa atividade sedentária sob diferentes condições ambientais. Foram analisadas várias situações decorrentes dos ensaios efetuados. Obtiveram-se relações entre as diferentes variáveis: temperatura da pele (testa e pescoço); temperatura ambiente; humidade relativa do ar e atividade cerebral. Para que a atenção fosse focada na atividade cerebral, foram criadas condições de ensaio em que todas estas variáveis eram controladas de modo a que a amplitude do sinal EEG fosse, tanto quanto possível, apenas dependente da temperatura do ar e da humidade relativa. Para as primeiras condições estudadas, nos testes piloto, verificou-se que, para a mesma temperatura, o aumento da humidade relativa do ar (30% para 60%) pode conduzir a uma alteração na resposta fisiológica do corpo. Partindo desta base, tentou confirmar-se em que medida esta diferença na resposta fisiológica é generalizável e afeta o desempenho mental dos indivíduos, partindo para a análise de condições ambientais que pudessem ser consideradas mais extremas mas que também fossem encontradas com facilidade em contexto real. Foram por isso fixados em 40% e 80%, os valores da humidade relativa, para os ensaios finais.

Estes testes englobaram um total de 30 voluntários e 103 ensaios, tendo sido aprovados como válidos no final 15 voluntários e 60 ensaios.

### **5.1 Condições experimentais**

Assim, os ensaios sistemáticos foram realizados em quatro condições ambientais 22°C-40% HR, 22°C-80% HR, 32°C-40% HR e 32°C-80% HR, no interior de uma câmara climática, onde foi possível controlar com precisão as variáveis do ambiente térmico e da temperatura da pele dos voluntários em dois pontos (testa e pescoço).

As condições exteriores à referida câmara foram também controladas e dentro do laboratório houve a preocupação que a temperatura se mantivesse em média em torno dos 20°C. Os parâmetros ambientais no exterior sofreram grandes oscilações ao longo de todo o período dos ensaios. Para garantir condições de ensaio constantes ao longo do tempo, independentemente das condicionantes exteriores, foram garantidos dois períodos de estabilização da temperatura dos voluntários: um primeiro, no interior do laboratório de 20 minutos, antes da sua entrada na câmara e outro de 10 minutos no interior da câmara sem exercer qualquer atividade física, até estabilizar a temperatura da pele.

Segundo Kataoka, et al. (1998) a temperatura da pele é um indicador efetivo para avaliar objetivamente a sensação humana, pois reflete a informação processada pelo cérebro. Chueng (2007) acrescenta que a cabeça é uma região de sensibilidade térmica.

Neste estudo, a temperatura da pele foi controlada em dois pontos da cabeça: testa e pescoço, que se mostraram adequados, em particular a testa, pelo facto do desvio padrão da temperatura média da testa dos 15 voluntários não ultrapassar os 0,1°C nas condições de 22°C 40% HR, 32°C 40% HR e 32°C 80% HR e de 0,2°C na condição de 22°C 80% HR.

Verificou-se que, efetivamente, os voluntários estabilizaram a temperatura da pele ao fim de 10 minutos de permanência no interior da câmara climática, após um período de adaptação de 20 minutos no seu exterior dentro do laboratório. Assim, o tempo de adaptação faseado a uma nova condição ambiental apresentou-se como uma opção adequada.

Quanto à avaliação antropométrica efectuada verificou-se existirem flutuações nos valores encontrados, no entanto, a variação do IMC é mínima de ensaio para ensaio.

## **5.2 Temperatura da pele**

Analisa-se neste ponto a diferença entre a temperatura da testa e pescoço nos Ensaios Finais efetuados. Quanto à temperatura média da testa a Figura 85 ilustra a evolução da temperatura média nas diferentes condições de ensaio, onde se observa, perfeitamente definidos, os tempos de estabilização e respetivos efeitos na estabilização da temperatura da testa. Primeiro, 20 minutos no exterior da câmara e depois 10 minutos no interior da câmara antes do início dos ensaios. Este tempo de estabilização foi fundamental para permitir que cada voluntário iniciasse o ensaio praticamente com a mesma temperatura da pele para cada uma das condições de ensaio. Como se pode observar na referida figura, dez minutos após a entrada na câmara climática, regulada para as condições específicas do ensaio, a temperatura da testa do voluntário atinge um valor que se mantém estável ao longo de todo o ensaio.

Quanto à temperatura média do pescoço que se encontra o seu registo no gráfico da Figura 86, verifica-se aí uma instabilidade ao longo de todo o ensaio que pode ser justificada pelas condicionantes da localização do ponto de medição na zona posterior do pescoço. Neste ponto, a temperatura registada sofre influência da movimentação da cabeça do voluntário, da quantidade de cabelo que cobre o referido ponto que é usualmente diferente de homens para mulheres e também por algum tipo de vestuário com a gola um pouco mais alta. Em resumo, trata-se de um ponto cuja monitorização é suscetível de registar maiores oscilações.

Na Tabela 64 estão sintetizados os resultados da temperatura média da testa e pescoço, ao longo das condições ambientais estudadas.



Tabela 64 - Temperatura média da testa e pescoço em diferentes condições ambientais

| Condição ambiental | 22°C 40% HR |         | 22°C 80% HR |         | 32°C 40% HR |         | 32°C 80% HR |         |
|--------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| Parte do corpo     | Testa       | Pescoço | Testa       | Pescoço | Testa       | Pescoço | Testa       | Pescoço |
| Temperatura (°C)   | 33,6        | 32,6    | 33,9        | 33,3    | 35,9        | 35,4    | 36,0        | 35,8    |

Foi na testa que se encontrou a temperatura superior, em todas as condições ambientais, ao contrário da opinião de Arens & Zhang que consideraram a temperatura mais quente no pescoço (parte de trás) tendo encontrado uma diferença de 0,3°C entre o pescoço e a testa, nos ensaios destes investigadores, no entanto, não foi divulgada a humidade relativa durante a realização dos ensaios, o que poderá ser, eventualmente, um fator condicionador.

### 5.3 Desidratação

De acordo com Adam et al. (2008), o défice de água no corpo pode degradar o desempenho cognitivo, durante exposições ao calor e mesmo em condições neutras. A desidratação pode, por isso, também afetar negativamente a produtividade, a segurança e o estado emocional. Ainda mais recentemente foram efetuados estudos específicos sobre o efeito da desidratação no desempenho cognitivo durante o calor, que vieram comprovar estudos anteriores. Investigações disponíveis nesta área indicam que pode ocorrer um decréscimo de atividade motora visual, memória e atenção quando 2% ou mais de peso corporal é perdido como resultado da desidratação (Jay, O. & Kenny, G. P., 2010).

A perda de peso encontrada nos ensaios efetuados foi sempre inferior a 1%. Na Tabela 58 foram apresentados os valores do desvio padrão da taxa de desidratação, e verificou-se que variou entre um valor mínimo de 0,00% e o valor máximo de 0,83%, abaixo dos valores considerados como críticos. De acordo com alguns autores só valores de desidratação acima de 1% ou 2% é que poderiam afetar adversamente o desempenho cognitivo (Lieberman H.R., 2007; Kenefick, R. W. & Sawka, M. N 2007), o que nunca aconteceu. Refira-se que no estudo desenvolvido por Gopinathan e seus colaboradores (1988), estes autores provocaram uma desidratação faseada de 1, 2, 3 e 4% do peso corporal a um grupo de voluntários e descobriram que a acuidade visual, capacidade motora, memória a curto prazo, atenção e eficiência aritmética eram todos deficitários quando se atingia 2% de desidratação (Gopinathan, et al., 1988).

### 5.4 Sensação térmica

Quanto à avaliação da Sensação Térmica e na primeira vertente “estilo de vida dos voluntários”, na realização do ensaio na condição a 22°C-40%HR, foram registados 4 % de voluntários que consumiram álcool nas 12 horas anteriores ao início do ensaio. Verificou-se também ao analisar as diferentes condições ambientais, que entre 52 a 54% dos

voluntários descansaram bem a noite anterior ao ensaio. A percentagem de ingestão de medicamentos oscilou entre 10 a 14%. O consumo de café variou entre os 32% e os 46%.

Na segunda vertente estudada e começando pela avaliação da sensação térmica inicial e final, após uma análise preliminar dos resultados da sensação dos voluntários ao entrar na câmara e no final do ensaio, verifica-se a existência de variações na sensação térmica ao longo do tempo em condições de temperatura e humidade constantes e com variações de temperatura da pele, sempre inferiores a 1,1°C.

A 22°C há uma sensação geral de arrefecimento, sendo essa sensação atenuada quando se aumentou a humidade de 40% para 80%. Com uma temperatura de 32°C foi registada uma sensação de aquecimento ao longo do tempo, sendo essa sensação mais acentuada quando se faz subir a humidade de 40% para 80%.

Não foram encontrados estudos que referissem este pormenor, no entanto, a sensação de conforto / desconforto, foi estudada por Lan et al. (2010), os quais concluíram que o desconforto térmico causado pela alta ou baixa temperatura tem influência negativa sobre a produtividade e que o bem-estar e motivação são também afetados pela temperatura.

Neste trabalho, verifica-se que a perceção de sensação térmica varia, mesmo quando não variam as condições em que o indivíduo se encontra e a temperatura da pele se mantem com valores constantes ao longo do tempo. Este resultado, que não foi mais explorado neste trabalho, levanta uma série de questões relativamente ao que se pode considerar perceção ou sensação de conforto. A confirmarem-se estes resultados, está aberta a porta para mais investigação numa área que à partida se considera ter o conhecimento base consolidado. Esta variação na sensação térmica pode, no entanto, ter de algum modo influenciado os resultados na medida em que foi causa de uma alteração da sensação de conforto ao longo do tempo. Permite, contudo perceber o que poderá acontecer quando os indivíduos são submetidos a condições que não podem compensar termicamente. Apesar de se poder, eventualmente, explicar o fenómeno se se recorrer ao conceito de taxa metabólica gerada pela atividade sedentária em causa, permite colocar algumas questões metodológicas sobre a forma como as avaliações de conforto térmico são efetuadas. Nomeadamente, ao nível do controlo experimental.

Quanto à terceira vertente e para ajudar a perceber a sensação de conforto / desconforto de cada voluntário e até que ponto essa condição poderia interferir na variação da amplitude do sinal EEG, a questão seguinte era então saber como gostariam de estar no preciso momento da avaliação ou seja no início e final do ensaio. Embora a amostra não seja de todo representativa, levanta questões interessantes relativamente ao que é considerado como temperatura de conforto, que deve merecer em futuros estudos maior atenção. Verificou-se que nas condições frias 22°C-40% HR e 80% HR a tendência foi dizer que gostariam de estar mais quentes e nas temperaturas quentes 32°C-40% HR e 80% HR a resposta foi que gostariam de estar mais frios.

De forma resumida, verifica-se que uma percentagem reduzida dos voluntários se declararam confortáveis à entrada da câmara para uma temperatura considerada dentro do intervalo de conforto (20% confortáveis para a condição 22°C-40% HR e 46% confortáveis para a condição 22°C-80% HR) reduzindo-se esse valor para o final do ensaio (7% confortáveis para a condição 22°C-40% HR e 20% confortáveis para a condição 22°C - 80% HR). De um modo geral, os voluntários declaram uma sensação de arrefecimento para o final do ensaio. Aumentando a temperatura para 32°C ainda há quem se declare confortável à entrada da câmara (7% confortáveis para a condição 32°C-40% HR e 13% confortáveis para a condição 32°C-80% HR). No final do ensaio, em nenhuma das condições houve declarações de conforto. De um modo geral os voluntários declaram uma sensação de aquecimento para o final do ensaio.

Por outro lado, a variação da sensação declarada pelos voluntários pode ser justificada pelo estudo de (Yao, Lian, Liu, & Shen, 2008b) que constataram que a sensação de conforto térmico varia de indivíduo para indivíduo devido a diferenças de ordem fisiológica ou psicológica, entre eles. Este resultado pode justificar que sob a mesma condição térmica, alguns dos voluntários deste estudo tenham relatado estar numa condição neutra de conforto enquanto outros sentiam um pouco de frio ou de calor.

Quanto à quater vertente e para terminar esta avaliação era importante saber se os voluntários estavam a sentir qualquer sintoma e, se sim, qual. No início dos ensaios a percentagem de “Nenhum sintoma” variou entre 56% a 82%. Já no final do ensaio a percentagem do sintoma “Sonolência” predominou variando de 43% a 51%. O cansaço no final do ensaio atingiu valores entre 29% a 32%, seguido de ansiedade entre 9% e 14%, o sintoma de perda de coordenação motora foi encontrado numa percentagem que variou entre 2% e 6% e apatia também entre 2 % e 6%.

## **5.5 Comportamento das ondas *Alfa* e *Beta***

Sabe-se que a exposição ao calor pode alterar o desempenho cognitivo e conduzir a alterações da atividade cerebral e, consequentemente, a alterações do sinal EEG, especificamente nas ondas *Alfa* e / ou *Beta*, como resultado de um maior esforço para realizar uma determinada tarefa (Ribeiro, 2010). Também Yao, Lian, Liu, & Shen (2008b) referem que a temperatura ambiente pode influenciar a amplitude das diferentes faixas do EEG do cérebro humano. Por outro lado, um conjunto de autores como Eoh et al. (2005), Lal, S.K.L., & Craig, A. (2002), Tanaka et al. (1997) e Trejo et al. (2005) reportaram um aumento significativo da atividade das ondas *Alfa* de EEG quando as pessoas se sentem cansadas. Quanto às ondas *Beta*, Eoh et al. (2005) reportaram uma diminuição da atividade destas ondas com o cansaço, enquanto que Lal, S.K.L., & Craig, A. (2002) e Tanaka et al. (1997) reportaram um aumento e Trejo et al. (2005), não reportaram qualquer impacto.

A literatura apresenta vários índices ( $\alpha, \beta, \theta, \delta$ ) assim como o “poder” das respectivas bandas de frequência, como indicadores do estado mental, no entanto, neste estudo, apenas foram analisados os índices  $\alpha$  e  $\beta$  e a relação entre eles, ou seja, o índice (*Alfa/Beta*). A análise deste último índice justificada pelo facto de segundo (Ftaiti et al., 2010) estar associado a cansaço. (Yao, Lian, Liu, & Shen, 2008b) referem ainda que a amplitude das ondas *Alfa* é dominante nas sensações térmicas de “ neutro” ou “ um pouco fria” e que a amplitude das ondas *Beta* são dominantes no caso em que os indivíduos referirem sensações térmicas de “ quente” ou “ frio”.

Craig, Tran, Wijesuriya, & Nguyen (2012) referem que quando uma pessoa está cansada, o cérebro perde a capacidade e retarda a sua atividade, e que as tentativas para manter os níveis de vigilância levam a um aumento da atividade de *Beta*. Tal como Craig, Tran, Wijesuriya, & Nguyen (2012) referiram no estudo que levaram a cabo, tornou-se claro que a fadiga está associada a mudanças significativas na atividade das ondas cerebrais. No entanto, qualquer conclusão sobre onde e que mudanças ocorrem permanece obscura. Ainda no mesmo estudo foi referido que provavelmente a atividade das ondas *alfa* aumenta com a fadiga, no entanto quanto às ondas *beta* ainda não está clara qualquer relação com este estado.

Tendo em conta a pesquisa efetuada, os sintomas de fadiga mental consistem em cansaço; sonolência e consequentemente em elevados riscos de decréscimo de desempenho. A possibilidade de ocorrência de fadiga mental pode, de acordo com alguns autores (Nybo, L., & Nielsen, B., 2001; Ftaiti et al., 2010; Chen, et al., 2013 e, ainda, Li, He, Fan, & Fei, 2012) ser avaliada a partir da alteração do sinal de atividade cerebral, medida através de um EEG, nomeadamente das ondas *Alfa* e *Beta* e da relação *Alfa/Beta* (Nybo, L., & Nielsen, B., 2001). Um aumento no EEG da atividade *Alfa* tem sido reportado como um sinal de fadiga mental (Craig, Tran, Wijesuriya, & Nguyen, 2012).

Uma das formas de induzir artificialmente fadiga mental é a realização de diferentes baterias de testes psicofisiológicos, como por exemplo: “*Go-No-Go*” e “*Eye Tracking*”, entre outras. Neste estudo tal como referido no capítulo da metodologia, optou-se por usar uma bateria *Go-No-Go* durante uma hora, pela sua simplicidade e por poder ser reproduzida durante o tempo necessário.

Tal como já referido, para cada uma das condições, foi ajustada uma curva polinomial de grau 3 no sentido de obter um modelo de evolução para auxílio à interpretação dos resultados. Analisam-se e discutem-se os resultados de cada hemisfério separadamente, nos sub pontos seguintes.

### 5.5.1 Ondas Alfa O1

Na análise a partir das curvas de ajuste (Figura 124), pode ter-se uma visão geral da evolução das ondas *Alfa O1* nas diferentes condições de temperatura e humidade. Verifica-se algum paralelismo entre as curvas nas condições 32°C-40% HR e 22°C-80% HR, embora com uma amplitude superior na condição de 22°C-80% HR. De uma maneira geral, verifica-se que a curva de menor amplitude é a de 22°C-40% HR e a de maior amplitude, correspondente à condição de ensaio, 32°C-80% HR. As amplitudes superiores encontram-se nas curvas correspondentes à humidade relativa mais elevada (80% HR), precisamente a 22°C-80%HR e 32°C-80%HR.

O aumento da humidade relativa de 40% para 80% faz aumentar a amplitude do sinal. Na condição de ensaio 22°C-80% HR verifica-se que no início, a amplitude do sinal apresenta valores próximos de 6  $\mu\text{V}$ , descendo, depois de um período que pode ser considerado como de transiente, para valores que oscilam (de acordo com a função de ajuste) entre 3 e 4  $\mu\text{V}$ .

Quando a temperatura aumenta de 22°C para 32°C, mantendo a humidade em 40%, verifica-se um menor aumento da amplitude do sinal do que quando se aumenta a humidade.

Em resumo, a humidade relativa do ar parece ter maior influência nos resultados do que a temperatura. Este resultado não é de fácil justificação à luz de trabalhos conhecidos desenvolvidos por outros autores. Uma possível justificação poderia, no entanto, decorrer da sensação térmica. No entanto, observando os gráficos das figuras 88 a 99, verifica-se que a condição mais confortável é a de 22°C-80% HR e a mais desconfortável a de 32°C 80% HR. Isto inviabiliza a justificação baseada no conforto. Há, por isso a necessidade de encontrar outras justificações.

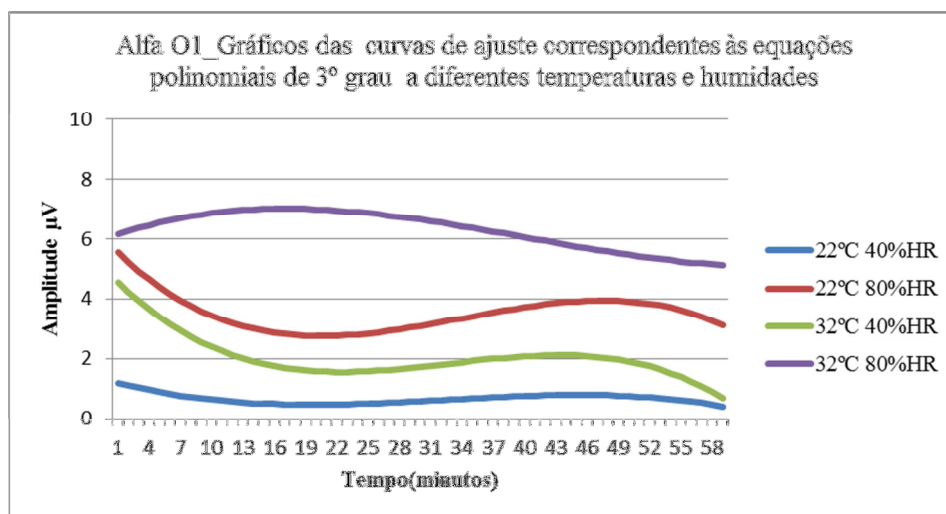


Figura 124 - Curvas de ajuste das equações polinomiais de 3º grau das ondas *Alfa O1*.

### 5.5.2 Ondas Alfa O2

Quanto ao hemisfério direito (*Alfa O2*) de uma maneira geral e tendo em conta os gráficos das curvas de ajuste da Figura 125, verifica-se uma maior amplitude na condição mais extrema de temperatura e humidade, sendo neste caso de 32°C-80% HR, por outro lado, uma menor amplitude e uma curva mais estável na condição mais próxima da condição de ambiente neutro ou seja 22°C-40% HR. De um ponto de vista relativo, estas duas curvas apresentam as mesmas posições. Em relação à variação da amplitude das ondas *Alfa* no hemisfério esquerdo (*O1*), no hemisfério direito (*O2*), verifica-se que a amplitude média das ondas *Alfa O2* é superior à amplitude média das ondas *Alfa O1*, nas condições de ensaio estudadas

As ondas recolhidas nas condições 22°C-80% HR e 32°C-40% HR encontram-se com as posições trocadas em relação aos dados recolhidos para o Hemisfério esquerdo (*O1*). As amplitudes da condição 22°C-80% HR encontram-se com valores inferiores relativamente à condição 32°C-40% HR, durante quase todo o ensaio.

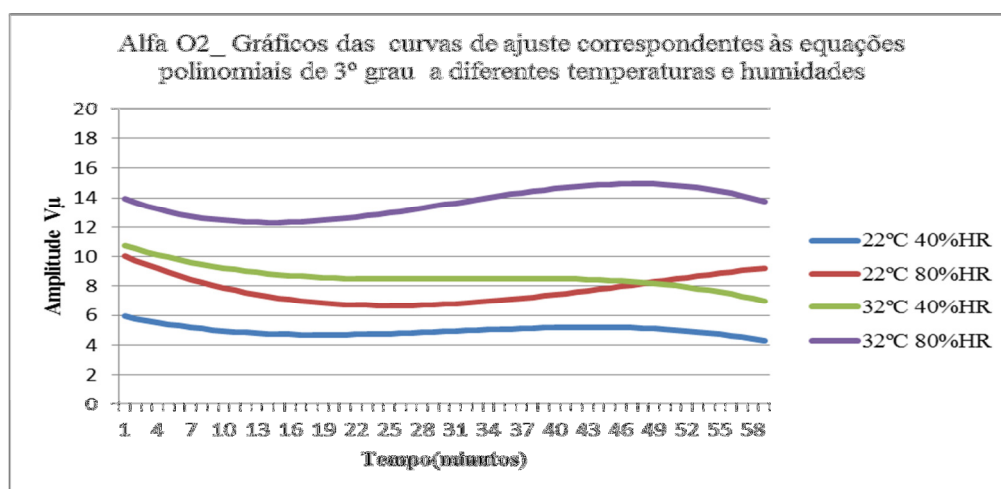


Figura 125 - Curvas de ajuste das equações polinomiais de 3º grau das ondas *Alfa O2*.

Na Figura 126 estão representados os valores médios das amplitudes das diferentes ondas para todas as condições estudadas. Verifica-se aí que a amplitude média das ondas *Alfa O1* aumenta mais com o aumento humidade relativa do que com o aumento da temperatura. Nas ondas *Alfa O2* verifica-se um aumento provocado por qualquer das duas condições. De acordo com Craig, Tran, Wijesuriya, & Nguyen (2012), tal aumento da amplitude do sinal pode ser interpretado como um sinal de fadiga. A confirmação dessa interpretação terá no entanto de ser posteriormente confirmada por outros estudos especificamente dirigidos para o efeito.

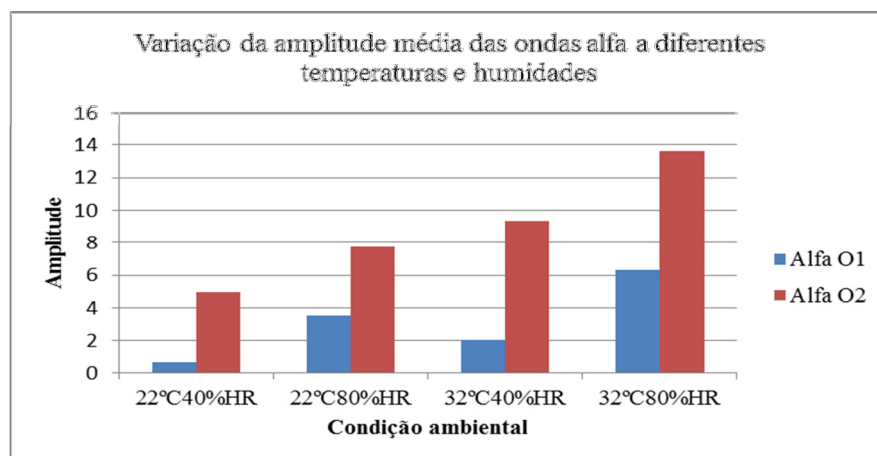


Figura 126 - Amplitude média das ondas *Alfa* nas condições estudadas

### 5.5.3 Ondas *Beta O1*

Na análise das ondas *Beta O1* verifica-se pela evolução geral das curvas da Figura 127, que a 22°C-40% HR e 32°C-40% HR as curvas têm uma evolução idêntica e com valores próximos. Mais uma vez é perceptível a aproximação das curvas com o mesmo valor de humidade relativa, o que mais uma vez indicia que a humidade relativa do ar pode induzir alterações na atividade cerebral, eventualmente decorrentes da maior ou menor necessidade de esforço de termorregulação.

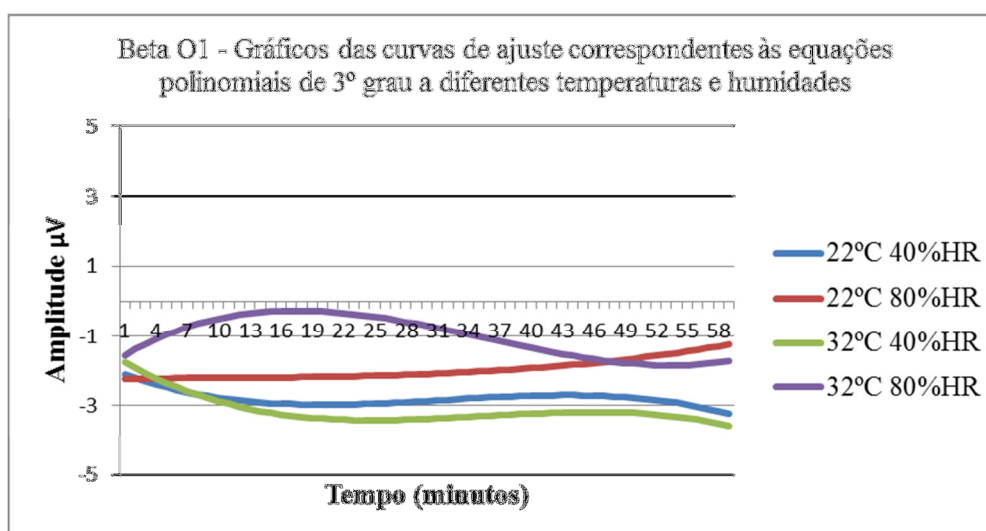


Figura 127 - Curvas de ajuste das equações polinomiais de 3º grau das ondas *Beta O1*.

### 5.5.4 Ondas *Beta O2*

Nas ondas *Beta O2* e pela análise geral Figura 128, é notório o comportamento idêntico de dois pares de curvas de ajuste, 22°C-40% HR / 22°C-80% HR na primeira metade do ensaio, após o que divergem, aumentando a amplitude do sinal para 22°C-80% HR e baixando para 22°C-40% HR. Na 2ª metade do ensaio as curvas resultantes de ensaios com o mesmo valor de HR, tendem a aproximar-se.

Verifica-se ainda que a curva de menor amplitude é a 22°C-40% HR e a de maior amplitude é de 32°C-80% HR, tal como nas observações anteriores. De salientar ainda que praticamente ao fim de 15 e 22 minutos, as curvas correspondentes a maior humidade (80%HR), aumentam a amplitude.

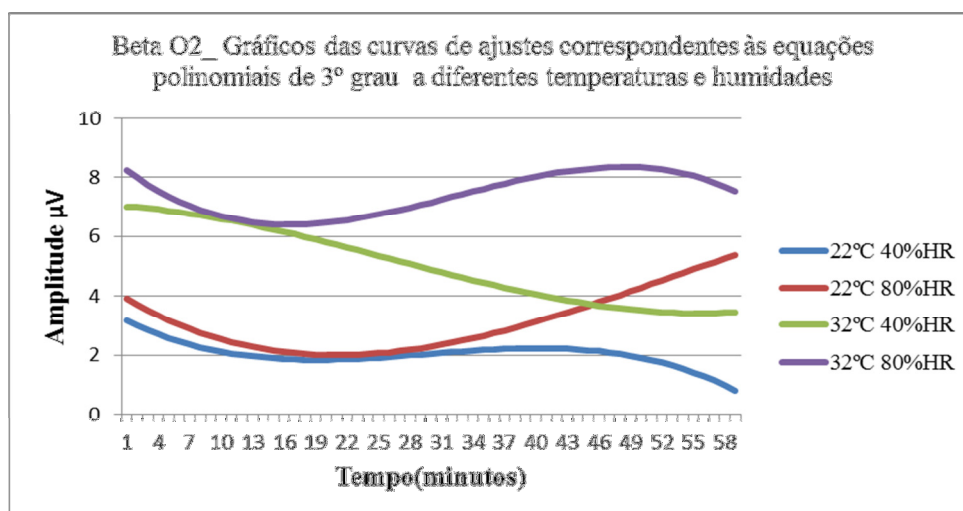


Figura 128 - Curvas de ajuste das equações polinomiais de 3º grau das ondas *Beta O2*.

Na Figura 129 está registada a média da amplitude das ondas *beta* para as diferentes condições ambientais, verificando-se que a amplitude das ondas *Beta O1* é negativa e que a amplitude das ondas *Beta O2* é positiva. Também Lal, S.K.L., & Craig, A. (2002), ao analisar a associação entre análise psicológica picos de atividade beta e amplitude encontraram valores negativos para as ondas *Beta*.



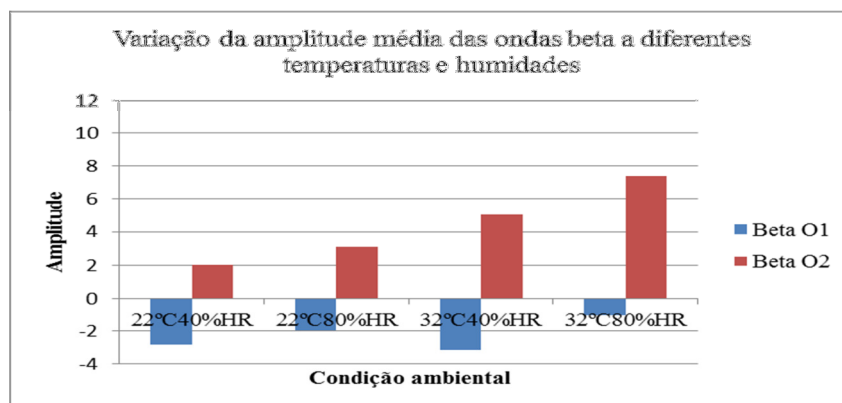


Figura 129 - Amplitude média das ondas *Beta* nas condições estudadas

### 5.5.5 Rácio Alfa O1 /Beta O1

Analisando agora o rácio *AlfaO1/BetaO1*, hemisfério esquerdo (Figura 130), torna-se difícil proceder à comparação entre as diferentes curvas de ajuste. Pode-se no entanto tentar uma análise da sua evolução ao longo do tempo. Assim, fazendo análise a partir dos modelos da Figura 130, verifica-se que há um aumento da fadiga ao longo do tempo, mais visível no primeiro terço do gráfico dado pelo aumento do valor do rácio (*AlfaO1/BetaO1*). Esse mesmo raciocínio pode ser observado nos gráficos das figuras 116 e 118 nos quais podem ser observados um transiente inicial. Nos gráficos das figuras 117 e 119 que correspondem a humidades de 80%, verifica-se alguma instabilidade do sinal. Essa instabilidade foi já observada nos ensaios-piloto, nos testes sem aclimação.

Já no caso dos resultados dos ensaios nas condições de 22°C-40% HR, 22°C-80% HR e 32°C-40% HR verificam-se valores estáveis ao longo do tempo, também a partir do primeiro terço do ensaio.

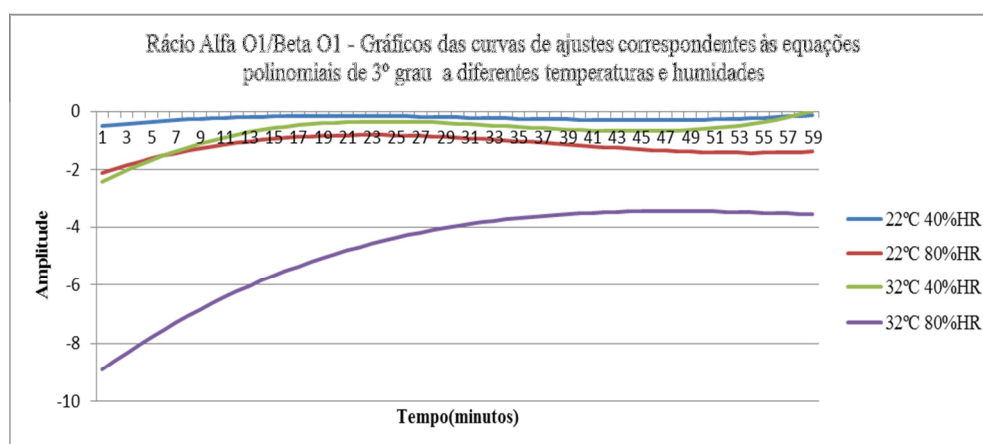


Figura 130 - Curvas de ajuste para o rácio *AlfaO1/BetaO1*

### 5.5.6 Rácio Alfa O2/Beta O2

No hemisfério direito, O2, verifica-se que a amplitude é positiva em todas as situações e pela análise geral, Figura 131, verifica-se que a curva de ajuste correspondente a 32°C-80% HR é a mais estável ao longo do tempo, com amplitude média muito próxima de 2.

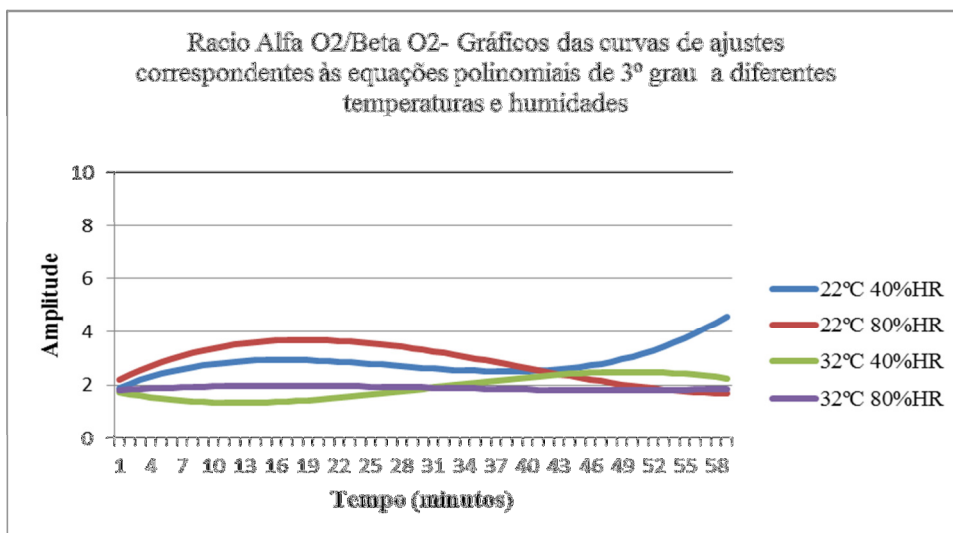


Figura 131 - Curvas de ajuste para o rácio AlfaO2/BetaO2

Pela análise da Figura 132, e como visão geral, verifica-se que as amplitudes do hemisfério esquerdo são negativas e do hemisfério direito são positivas.

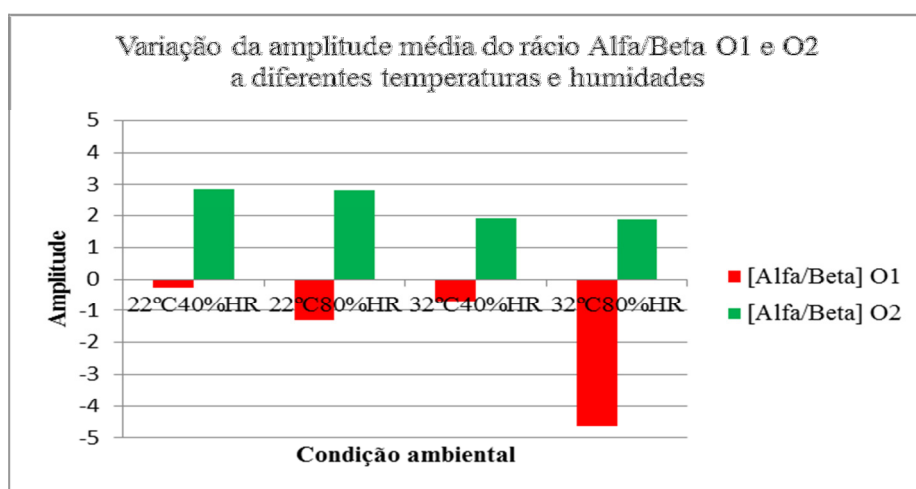


Figura 132 - Rácio Alfa/Beta em função da amplitude e condição ambiental

Na Tabela 65, quando se compara cada hemisfério, verifica-se que ao aumento da amplitude média das ondas Alfa, corresponde sempre uma diminuição da amplitude das

ondas *Beta*, o que está de acordo com os resultados de Eoh et al. (2005). Assim, o aumento da amplitude (poder) *Alfa* acompanhado de uma diminuição da amplitude (poder) *Beta* é um indicador de alterações do estado de alerta do indivíduo que, em determinadas circunstâncias, poderá indicar a presença de fadiga mental (Eoh et al., 2005). O mesmo se verificou nesta investigação, tanto no teste piloto, como nos ensaios finais.

As amplitudes superiores encontram-se nas curvas correspondentes à humidade de 80% HR, precisamente a 22°C-80%HR e 32°C-80%HR. Contudo, da análise da relação *Alfa/Beta*, verifica-se que para o hemisfério O1, os valores do rácio têm um valor absoluto superior para os ensaios com 80% HR, enquanto para o hemisfério O2 os valores médios do rácio são praticamente idênticos para cada uma das temperaturas (Tabela 65). Porém, não se pode descartar em termos de análise e trabalhos futuros de os valores das amplitudes medidas, nomeadamente, para os ensaios com humidade mais elevada (80%) serem de alguma forma influenciados por um eventual aumento da condutividade da pele com origem no aumento da humidade. Estes resultados vão ainda de encontro aos obtidos por Chen et al. (2013) para os lobos occipitais na medida em que os valores dos rácios dos dois hemisférios também apresentaram tendências díspares.

Tabela 65 - Valores das amplitudes médias das diferentes ondas ao longo do tempo

|             | <i>Alfa O1</i> | <i>Alfa O2</i> | <i>Beta O1</i> | <i>Beta O2</i> | <i>AlfaO1/Beta O1</i> | <i>Alfa O2/ Beta O2</i> |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| 22°C 40% HR | 0,7 $\mu$ V    | 5,0 $\mu$ V    | -2,8 $\mu$ V   | 2,0 $\mu$ V    | -0,2                  | 2,9                     |
| 22°C 80% HR | 3,5 $\mu$ V    | 7,8 $\mu$ V    | -2,0 $\mu$ V   | 3,1 $\mu$ V    | -1,3                  | 2,8                     |
| 32°C 40% HR | 2,0 $\mu$ V    | 8,6 $\mu$ V    | -3,1 $\mu$ V   | 5,0 $\mu$ V    | -0,7                  | 1,9                     |
| 32°C 80% HR | 6,3 $\mu$ V    | 13,6 $\mu$ V   | -1,0 $\mu$ V   | 7,4 $\mu$ V    | -4,6                  | 1,9                     |



## 6 CONCLUSÕES

Como epílogo desta tese, destacam-se algumas observações e conclusões a respeito do trabalho apresentado.

O problema fundamental deste estudo era o de compreender até que ponto o ambiente térmico influencia a atividade cerebral e se a fadiga mental ou esforço alocado a cada tarefa, traduzido pela alteração da amplitude do sinal, é influenciado pelo ambiente térmico, sendo que os eventuais resultados obtidos poderiam, de alguma forma, contribuir, na prática, para uma intervenção mais esclarecida em relação ao ambiente térmico por forma a permitir uma melhoria em termos de saúde ocupacional e de produtividade.

Para responder à questão levantada nesta investigação: “*Em que medida e em que sentido o ambiente térmico influencia a amplitude do sinal EEG, nomeadamente das ondas Alfa e Beta*”, o primeiro passo consistiu na validação de cada equipamento, tendo-se concluído também que o equipamento selecionado era adequado ao trabalho em causa. Posteriormente, foram efetuados testes-piloto que permitiram ajustar o protocolo de ensaio e finalmente os testes finais que englobaram um total de 30 voluntários e 103 ensaios, tendo sido aprovados como válidos no final 15 dos 18 voluntários que concluíram toda a bateria de testes, protagonizando um total de 60 ensaios válidos

### **Conclusões dos testes-piloto**

Com os testes-piloto verificou-se que, para a atividade do estudo em causa, “atividade sedentária”, não seria necessário utilizar os catorze pontos indicados norma ISO (9886:2004) para medir a temperatura da pele, e inicialmente propostos no protocolo, tendo sido considerados como suficientes para o controlo da estabilidade térmica dos voluntários os pontos da face e do pescoço, pois além de serem os pontos que melhor traduziam a evolução da temperatura do corpo, seria minimizado o desconforto provocado pela colocação generalizada de sensores ao longo do corpo.

Paralelamente, estes testes também ajudaram a selecionar a bateria de testes cognitivos. Verificou-se que a execução das quatro baterias de teste inicialmente previstas não seriam de todo adequadas para avaliar a fadiga mental, tendo em conta que sempre que mudava de teste havia a possibilidade de alterar o estado de alerta ou de concentração momentânea. Nesta perspetiva optou-se por uma bateria única, “Go No Go”, num ensaio com a duração de uma hora. Foram ainda acrescentados ao protocolo vinte minutos de estabilização da temperatura do corpo antes de entrar na câmara climática, equipamento onde decorreram os ensaios mais 10 minutos de estabilização no interior da câmara.

As conclusões retiradas foram as seguintes:

- Constatou-se que a resposta fisiológica e o tempo de aclimação é diferente para ambientes quentes e frios. Verificou-se uma maior homogeneidade da temperatura corporal ao longo dos oito dias na condição de ambiente térmico quente (32°C) do

que na condição de ambiente térmico frio (20°C), no que se refere aos ensaios de aclimação;

- As extremidades (membros inferiores e superiores) são os locais onde a temperatura da pele varia mais, tal como Aren & Zhang (2006) também verificaram;
- A diferença da  $t_{skm}$  entre a condição 20°C 60% HR e a condição de 32°C 60% HR foi de 4°C (30°C e 34°C respetivamente);
- Os valores da amplitude do sinal das ondas *Alfa* após aclimação apresentaram-se com menor oscilação ao longo do tempo, quer na condição fria quer na quente;
- A amplitude do sinal das ondas *Beta* foi menor do que a amplitude do sinal das ondas *Alfa* tanto no 1º dia como no 8º dia de aclimação, quer na condição fria quer na quente;
- Para o rácio *Alfa/Beta* verifica-se uma maior estabilidade após aclimação.

### **Conclusões do Ensaio Final:**

Oa Ensaio Final foram realizados a 22°C e a 32°C e em duas humidades: 40% e 80% HR.

Em relação à sensação térmica dos voluntários, de um modo geral, pode ser concluído que se sentem mais confortáveis em ambientes quentes do que em ambientes frios. Regista-se que mesmo declarando uma sensação de “quente”, a mais alta da escala, uma percentagem elevada de voluntários declarava não pretender mudar de condição. Os resultados dos ensaios finais no que se refere à sensação térmica, não confirmam resultados de outros autores (Zhao et al., 2009) que referem que uma humidade relativa entre 50% e 65% seria a aceitável em termos de conforto, enquanto uma humidade relativa mais elevada afetaria esse mesmo conforto térmico. Salienta-se que o estudo deste autor foi efetuado com temperaturas entre 30°-40°C e humidades entre 40%-90% HR. No presente estudo verificou-se que com temperaturas mais baixas (22°C), existe uma percentagem superior de satisfeitos com humidade relativa alta (80%) e para temperaturas elevadas (32°C) existe uma percentagem superior de satisfeitos com humidade relativa baixa (40%). Tal sensação de conforto pode estar associada, respetivamente, à capacidade de reter ou dissipar energia. Quanto aos sintomas no início e no final do ensaio verifica-se que a sonolência é notória ao fim de uma hora de ensaio em qualquer uma das condições ensaiadas, seguindo-se cansaço, ansiedade e apatia; o sintoma “perda de coordenação motora” foi assinalado em três das condições estudadas e “tonturas” ocorreram numa das condições a 32°C40% HR.

Quanto à temperatura da pele, esta foi controlada em dois pontos da cabeça: testa e pescoço, tal como já se referiu. A Tabela 64 apresentada na discussão reflete o resultado da variação da temperatura nesses dois pontos ao longo das condições ambientais estudadas, sendo as conclusões retiradas as seguintes:

- Verifica-se perante os resultados, que a temperatura do corpo nomeadamente nos pontos em estudo, aumenta não só com a temperatura ambiental mas também, com o aumento da humidade relativa;
- No caso do pescoço, o aumento da temperatura nesse ponto chega a ser cerca de 0,4°C, quando se aumenta a humidade relativa permanecendo a mesma temperatura ambiente;
- Na testa, o aumento da temperatura é cerca de 0,2 ou 0,3°C com o mesmo aumento de humidade relativa e sem alteração da temperatura ambiente.

Quanto aos resultados da atividade cerebral, pode-se dizer tal como Yao, Lian, Liu, & Shen (2008b) referiram, a temperatura ambiente pode influenciar o poder *Alfa* do EEG. Igualmente Ftaiti et al. (2010) concluíram que as bandas *Alfa* e *Beta* aumentavam, em determinadas temperaturas quentes (35°C-59% HR).

Neste estudo, em termos de esforço mental traduzido no valor de amplitude, verifica-se pela Tabela 65 que as amplitudes médias (ao longo do tempo) mais elevadas, encontram-se nas condições ambientais quentes ou nas condições onde a humidade é superior. Mais uma vez, a Tabela 65 referente ao comportamento do valor da amplitude do sinal EEG, vem comprovar os dados apresentados na Tabela 64, referentes à variação da temperatura média da testa e pescoço, ou seja, que existe maior variação quando aumenta a temperatura ou quando a temperatura permanece a mesma e aumenta a humidade.

Verifica-se ainda pela Tabela 65 já referida, que o aumento da amplitude média das ondas *Alfa*, corresponde a uma diminuição da amplitude das ondas *Beta*, sendo esta situação segundo Eoh et al. (2005) um indicador de alterações do estado de alerta, podendo indicar a presença de fadiga mental, tal como também se verificou no presente trabalho. Ver Figura 124 para *Alfa OI* e Figura 127 para *Beta OI*, e também como já se tinha verificado no teste piloto deste estudo.

Pode ainda concluir-se que no hemisfério esquerdo e para a amostra estudada, o esforço traduzido em amplitude das ondas *Alfa OI* é superior quando aumenta a humidade.

Não se pode ainda descartar a hipótese de que os resultados obtidos do sinal EEG, poderem ter sido influenciados quer pela componente fisiológica, resultante do esforço mental, ou pela própria condutividade provocada por uma maior sudorese resultante da própria humidade da condição do ensaio. É importante ter em conta este fator da humidade, na medida em que ela pode influenciar a condutividade da pele e necessariamente o valor do sinal EEG.

Considerando os objetivos definidos para o presente estudo e com base na investigação efetuada e nos resultados obtidos nos ensaios realizados a diferentes temperaturas e humidades, parece razoável reafirmar que:

- Numa atividade sedentária, a atividade cerebral avaliada a partir da amplitude do sinal EEG (traduzida pelo esforço mental) é superior para temperaturas e humidades elevadas. Esta afirmação, sendo segura a sua consolidação, pode no entanto ser mais evidente para altas humidades quando se compara com a mesma temperatura.

Com a revisão de literatura realizada no início deste trabalho, ficou evidente a importância do estudo da influência do ambiente térmico na atividade humana, tendo em conta a diversidade de resultados encontrados pelos investigadores que trabalham nesta área do conhecimento.

Devido à complexidade do tema, a diversidade de metodologias e de pontos críticos como por exemplo as limitações a nível do tamanho e heterogeneidade da amostra, condicionantes do ensaio pelo facto de se terem apenas usado duas temperaturas e duas humidades, considera-se que há ainda muito trabalho a desenvolver e as limitações apontadas serão assim compensadas com as perspetivas futuras. De qualquer modo, o trabalho desenvolvido na aferição de uma metodologia, poderá agora facilitar o desenvolvimento de outros trabalhos complementares de aquisição de dados dentro desta temática.

Em síntese, pode afirmar-se que os resultados obtidos estão concordantes com alguns autores (Arens & Zhang, 2006) no que diz respeito à resposta fisiológica e ao tempo de aclimação, pois consideram que é diferente para ambientes quentes e frios. Em relação à amplitude de sinal verificou-se tal como com o Eoh et. al. (2005) um aumento da amplitude *Alfa* e uma diminuição da amplitude *Beta* nos ambientes térmicos estudados.

Terminado este projeto de investigação considera-se ser fundamental promover a melhoria das condições de trabalho, geradora da riqueza das organizações, através do bem estar do capital intelectual, sendo este uma vantagem competitiva principal. Espera-se assim, que possa contribuir, como tantos outros contribuíram, para mais um passo no conhecimento da problemática do ambiente térmico em atividades sedentárias, atividades essas, frequentemente geradoras de grandes decisões e controvérsias.



## 7 PERSPETIVAS FUTURAS

Termina-se o presente trabalho com a apresentação de algumas sugestões e linhas de orientação para investigações futuras, salientando-se aqui aquelas que se consideram de maior importância.

Pretende-se contribuir para uma maior discussão do impacto do ambiente térmico nas atividades sedentárias, matéria esta cuja complexidade resulta, nomeadamente, da diversidade dos resultados obtidos nas pesquisas já efetuadas, algumas das quais analisadas nesta tese.

Dada a relevância do tema, naturalmente que este trabalho, deve ter seguimento. Importa aprofundar e ampliar o presente estudo, pelo que se apresentam aqui algumas sugestões:

- Amostra mais alargada e significativa, que inclua diferentes faixas etárias, distinção entre sexos, tendo em vista discutir e identificar as áreas de melhoria e instrumentos e metodologias de ação futura.
- A pesquisa numa gama mais alargada de temperaturas é também um fator importante a considerar.
- Existem melhorias e modificações a fazer principalmente na perspetiva de clarificar ponto a ponto questões aparentemente estabilizadas do ponto de vista do conhecimento como a sensação de conforto térmico. É necessário compreender melhor os mecanismos que o influenciam, após terem sido detetadas variações na sensação de conforto em função do tempo de exposição.
- Ponderar a hipótese de futuros ensaios serem filmados para compreender melhor a sensação de conforto ou bem-estar relatada e a encontrada na realidade.

Outro fator importante reflete a necessidade da constituição de equipas multidisciplinares para a abordagem do problema.

Uma outra vertente a considerar reporta para a necessidade da análise de questões de fadiga mental, não apenas em atividades sedentárias mas também com atividade física relevante. Contudo, neste último caso há que repensar toda a estrutura metodológica de recolha de dados.

Por fim, no sentido de ultrapassar uma das maiores dificuldades do estudo, propõe-se a criação de uma bolsa de voluntários na UP que permita com maior facilidade dar um contributo efetivo para o desenvolvimento do conhecimento.

Na presente tese de doutoramento confluíram estímulos e apoios concretos de várias pessoas, desde diferentes professores, técnicos de empresas de equipamentos, colegas do doutoramento e os voluntários que foram fundamentais para os resultados obtidos.



## 8 BIBLIOGRAFIA

### 8.1 Literatura científica

- Adam, G. E., Carter, R., Cheuvront, S. N., Merullo, D. J., Castellani, J. W., Lieberman, H. R., & Sawka, M. N. (2008). Hydration effects on cognitive performance during military tasks in temperate and cold environments. *Physiology & Behavior*, 93(4–5), pp. 748-756. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.11.028>.
- Adelson, M. (2011). Emotiv Experimenter. An experimentation and mind-reading application for the emotive EPOC. *Princeton University*. Acedido em 21 de junho 2014.
- Akio, N., & Munecazu, T. (2009). Correlation analysis on alpha attenuation and nasal skin temperature. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2009(01), P01007.
- Andreassi, J. L., & College, B. (2000). Psychophysiology human behavior and physiological response. pp. 565.
- Annunziata, M. A., Muzzatti, B., Giovannini, L., & Lucchini, G. (2011). Cognitive functioning self-assessment scale (CFSS): Preliminary psychometric data. *Psychology, Health & Medicine*, 17(2), pp. 207-212. doi: 10.1080/13548506.2011.596552.
- Antunes, H. K. M., F. Santos, R., Cassilhas, R., Santos, R. V. T., F. A. Bueno, O., & Mello, M. T. d. (2006). Exercício físico e função cognitiva: uma revisão. *Rev Bras Med Esporte*, Vol. 12(2) pp. 108-114.
- Arens, E. & H. Zhang (2006). The skin's role in human thermoregulation and comfort thermal and moisture transport in fibrous materials, eds N. Pan and P. Gibson, *Woodhead Publishing Ltd*, pp. 560-602.
- Armstrong, L. E., Johnson, E. C., Casa, D. J., Ganio, M. S., McDermott, B. P., Yamamoto, L. M., Lopez R.M. & Emmanuel, H. (2010). The American Football Uniform: Uncompensable Heat Stress and Hyperthermic Exhaustion. *Journal of Athletic Training*, 45(2), pp.117-127. doi: 10.4085/1062-6050-45.2.117.
- Armstrong, L.E. (1998). Heat acclimatization. In: Encyclopedia of Sports Medicine and Science, T. D. Fahey (Editor). *Internet Society for Sport Science*: <http://sportsci.org>. 10 March 1998.
- Atkins, A. R. (1969). Climatic Chamber Ergometer. *Journal of applied physiology*, Published 1 April 1969, 26(4), pp. 510-512.
- Badcock, N. A., Mousikou, P., Mahajan, Y., de Lissa, P., Thie, J., & McArthur, G. (2013). Validation of the Emotiv EPOC(®) EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs. *Peer J*, 1, e 38. doi: 10.7717/peerj.38.
- Barker, L. M., & Taylor, W. M. (1954). The relationship under stress between changes in skin temperature, electrical skin resistance, and pulse rate. *Journal of Experimental Psychology*, 48 (5), pp. 361-366.
- Barwick, F., Arnett, P., & Slobounov, S. (2012). EEG correlates of fatigue during administration of a neuropsychological test battery. *Clinical Neurophysiology*, 123(2), pp.278-284. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2011.06.027>.

- Basar, E., Schürmann, M., Basar-Eroglu, C. & Karabas, D. (1997). Alpha oscillations in brain functioning: an integrative theory. *International Journal of Psychophysiology*, 26, pp. 5-29.
- Basar, E. (2012). A review of alpha activity in integrative brain function: fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology. [Review]. *International Journal of Psychophysiology*, 86(1), pp. 1-24. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2012.07.002
- Basu, R., Malig, B., & Ostro, B. (2010). High Ambient Temperature and the Risk of Preterm Delivery. [ed.] *American Journal of Epidemiology*. 01 October 2010. 172, (10), pp. 1108-1117.
- Batiz, E. C., Goedert J., Morsch J.J, Junior P. K. & Venske R. (2009) Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. *Produção*, 19 (3) set./dez. 2009, pp. 477-488.
- Bazanov, O. M. (2012). Alpha EEG activity depends on the individual dominant rhythm frequency. *Journal of Neurotherapy*, 16(4), pp. 270-284. Doi:10.1080 /1087 4208.20 12.730786.
- Bazanov, O., & Aftanas, L. (2006). Relationships between learnability and individual indices of EEG alpha activity. *Annals of General Psychiatry*, 5(1), pp. s182, doi: 10.1186/1744-859x-5-s1-s182.
- Belding, H. & Hatch, T. (1955). Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain. *Heating, Piping, Air Conditioning*, n. 27, pp. 129-42.
- Bennett, C., & McMichael, A. (2010). Non-heat related impacts of climate change on working populations. *Global Health Action*, V (3) pp. 1-24. 3.doi: 10.3402/gha.v3i0.5640.
- Bergeron, M. F., McKeah D. B., Casa D. J., Clarkson P. M, Dick R. W., Eichner E. R., Horswill C. A., Luke A. C., Mueller F., Munce T. A., Roberts W. O., & Rowland T.W. (2005). Roundtable consensus statement: Youth football: Heat stress and injury risk. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(8) pp. 1421-1430.
- Berglund, L. G., & Gonzalez, R. R. (1978). Occupant acceptability of eight-hour-long temperature ramps in the summer at low and high humidity, ASHRAE Transactions *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, Atlanta, USA. 84 (2), pp. 278-284.
- Berka, C., Levendowski, D. J., Lumicao, M. N., Yau, A., Davis, G., Zivkovic, V. T., & Craven, P. L. (2007). EEG Correlates of Task Engagement and Mental Workload in Vigilance, Learning, and Memory Tasks. *Aviat Space Environ Med*, 78(5), pp. B231-244.
- Berry, H. L., Bowen K., & Kjellstrom T. (2010). Climate change and mental health: a causal pathways framework. *Int. J. Public Health*. April 55 (2), pp. 123-132, DOI:10.1007/s00038-009-0112-0.
- Bluyssen, P. M. (2010). Towards new methods and ways to create healthy and comfortable buildings. *Building and Environment*, 45 (4), pp. 808-818. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.020.
- Boff, L. H., & Abel, M. (2005). Autodesenvolvimento e Competências: O caso do Trabalhador de Conhecimento como Especialista. *Aprendizagem Organizacional e Competências*, Cap 4, pp. 70-86.

- Brade, C., Dawson, B., Wallman, K., & Polglaze, T. (2010). Postexercise Cooling Rates in 2 Cooling Jackets. *Journal of Athletic Training*, 45(2), pp.164-169.
- Brake, D. J., & Bates, G. P. (2002). Deep Body Core Temperatures in Industrial Workers Under Thermal Stress. *JOEM*, 44(2), pp.125-135.
- Buono, M. J., Heaney, J. H., & Canine, K. M. (1998). Acclimatization to humid heat lowers resting core temperature. *Am. J. Physiol.*, pp. R1295-1299.
- Byass, P., Twine, W., Collinson, M., Tollman, S., & Kjellstrom, T. (2010). Assessing a population's exposure to heat and humidity: an empirical approach. *Glob Health Action*. 2010 Sep 17: 3, pp. 1-5. doi: 10.3402/gha.v3i0.5421.
- Cacioppo, John, Tassinari G. Louis, Berntson G. Gary (2007). *The Handbook of Psychophysiology*. (3ª Ed.) Cambridge.
- Caldwell, J. N., Engelen L., Van der Henst C., Patterson M. J., & Taylor N. A. (2011). The interaction of body armor, low-intensity exercise, and hot-humid conditions on physiological strain and cognitive function. *Mil Med*. May, 176 (5), pp. 488-493.
- Caldwell, J. A., Hall, K. K., & Erickson, B. S. (2002). EEG data collected from helicopter pilots in flight are sufficiently sensitive to detect increased fatigue from sleep deprivation. *The International Journal of Aviation Psychology*, 12, pp. 19-32. doi: org/10.1207/S15327108IJAP1201\_3.
- Cândido, C., Dear R. de, Lamberts R., & L. Bettencourt. (2010). Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. *Building and Environment International Symposium on the Interaction between Human and Building Environment Special Issue Section*, V 45, (1), pp. 222-229.
- Carter, R., Cheuvront, S. N., & Sawka, M. N. (2007). Doenças Provocadas pelo Calor. *Gatorade Sports Science Institute* (51), out/nov/dez 2007.
- Casa, J. D., Stearns, R.L., Lopez, R. M., Ganio, M. S., McDermott, B. P., Yeargin, S. W., Yamamoto, L. M., Mazerolle, S. M., Roti, M. W., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2010). Influence of Hydration on Physiological Function and Performance During Trail Running in the Heat. *J. Athl. Train*, 45(2), pp. 147-156. doi:10.4085/1062-6050-45.2.14.
- Chen, C., Li, K., Wu, Q., Wang, H., Qian, Z., & Sudlow, G. (2013). EEG-based detection and evaluation of fatigue caused by watching 3DTV. *Displays*, 34(2), pp 81-88. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.displa.2013.01.002.
- Cheng, S., Lee, H., Shu, C., & Hsu, H. (2007). Electroencephalographic Study of Mental Fatigue in Visual Display Terminal Tasks. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 27(3), pp. 124-131.
- Cheung, S. S. (2007). Neuropsychological determinants of exercise tolerance in the heat. *In S. Hari Shanker (Ed.), Prog. Brain. Res.* V 162, pp. 45-60. Elsevier.
- Chiavenato, I. (2004). *Comportamento Organizacional - A Dinâmica do Sucesso das Organizações*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- Chow, T.T., Fong, K. F., Givoni, B., Lin Z., & Chan A.L.S. (2010). Thermal sensation of Hong Kong people with increased air speed, temperature and humidity in air - conditioned environment. *Building and Environments*. 45 (10), pp. 2177-2183.
- Coso, J. D., Hamouti, N., Ortega, J. F., Fernandez-Elias, V. E., & Mora-Rodriguez, R. (2011). Relevance of individual characteristics for thermoregulation during

- exercise in a hot-dry environment. *Eur. J. Appl Physiol*, 111(9), pp. 2173-2181. doi: 10.1007/s00421-011-1847-x.
- Costa, E. Q., & Baptista J. S. (2013). Thermal Environment and Cognitive Performance: Parameters and Equipment. In *Occupational Safety and Hygiene*. CRC Press, pp. 267-272.
- Costa, E. Q., Baptista, J. S., Diogo, M. T., & Magalhães, A. B. (2011a). Hot Thermal Environment and its impact in productivity and accidents. In, *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO*, 10-11 feb. 2011, pp. 211-215.
- Costa, E. Q., Baptista, J. S. & Diogo, M. T., (2011b). Adaptação Climática, Metabolismo e Produtividade, *CLME, 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia*, pp. 807-808.
- Costa, E. Q., Baptista, J. S. & Diogo, M. T. (2012a). Thermal Environment and Productivity in Sedentary Activities. A Short Review. *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene – SHO* - Guimarães, 9-10 fev.2012. ISBN 978-972-99504-9-0, pp. 478-483.
- Costa, E. Q., Baptista, J. S. & Diogo, M. T. (2012b). Effects of thermal environment on cognitive response in sedentary activities. A short revision. In *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO* - Guimarães, 9-10 fev. 2012 pp. 471-477.
- Costa, E. Q., Guedes, J. C., & Baptista, J. S. (2012c). Core Body Temperature Evaluation: Suitability of Measurement Procedures. *Thermology International*, Vol.22 (1 - 3), pp. 33-41.
- Costa, E. Q., Baptista, J. S. & Carvalho, J. (2014a). Skin temperature as an indicator of thermal environment's influence on cognitive response. *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene – SHO*, 13-14 feb. 2014, pp. 88-90.
- Costa, E. Q., Baptista, J. S. & Carvalho, J. (2014b). Evolution of skin temperature at different temperature and humidity conditions. *Occupational Safety and Hygiene II*, CRC Press, pp. 187-191, 2014.
- Costa, E. Q., & Baptista, J. S. (2014c). Acclimatization's Importance to High or Low Temperatures, *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene – SHO*. 13-14 feb.2014 pp. 91-93.
- Costa, E. Q., Baptista, J. S., Carvalho, J., Pereira, M., & Almeida P. (2014d). O Ambiente Térmico, o EEG e a Atividade Alfa na Avaliação da Fadiga Mental, *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene – SHO*, pp. 85-87.
- Craig, A., Tran, Y., Wijesuriya, N., & Nguyen, H. (2012). Regional brain wave activity changes associated with fatigue. *Psychophysiology*, 49(4), pp. 574-582. doi: 10.1111/j.1469-8986.2011.01329.x.
- Dapi, L. N., Rocklov, J., Nguefack-Tsague, G., Tetanye, E., & Kjellstrom, T. (2010). Heat impact on school children in Cameroon, Africa: potential health threat from climate change. *Glob Health Action*, 3. pp 1 - 8. doi: 10.3402/gha.v3i0.5610. Published online nov 29.
- Di Stasi, L. L., Marchitto, M., Antolí, A., Baccino, T., & Cañas, J. J. (2010). Approximation of on-line mental workload index in ATC simulated multitasks.

- Journal of Air Transport Management*, 16(6), pp. 330-333. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2010.02.004>.
- Domitrovitch, J. W., Cuddy, J. S., & Ruby, B. C. (2010). Core Temperature Sensor Ingestion Timing and Measurement Variability. *Journal of Athletic Training*, 45(6): pp. 594-600.
- Duffield, R., McCall, A., Coutts, A. J., & Peiffer, J. J. (2012). Hydration, sweat and thermoregulatory responses to professional football training in the heat. *J. Sports Sci.* 30(10), pp. 957-965. doi: 10.1080/02640414.2012.689432.
- Duvinage, M., Castermans, T., Petieau, M., Hoellinger, T., Cheron, G., & Dutoit, T. (2013). Performance of the Emotiv Epoc headset for P300-based applications. *BioMedical Engineering OnLine*, 12, pp. 12-56. doi: 10.1186/1475-925x-12-56.
- Ely, B. R., Ely, M. R., Cheuvront, S. N., Kenefick, R. W., DeGroot, D. W., & Montain, S. J. (2009). Evidence against a 40°C core temperature threshold for fatigue in humans. *J. Appl. Physiol.* 107, pp. 1519-1525. doi: 10.1152/jappphysiol.00577.2009.-Evidence.
- Eoh, H. J., Chung, M. K., & Kim, S.-H. (2005). Electroencephalographic study of drowsiness in simulated driving with sleep deprivation. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35 (4), pp. 307-320. Doi: 10.1016/j.ergon.2004.09.006.
- Eston, S. M. (2005). Problemas de conforto termocorporal em minas subterrâneas. *Revista de Higiene Ocupacional*.V.4, pp. 15-17.
- Færevik, H., & Reinertsen, R.E. (2003). Effects of wearing aircrew protective clothing on physiological and cognitive responses under various ambient conditions. *Ergonomics*, 46(8), pp. 780-799. doi: 10.1080/0014013031000085644 Taylor and Francis.
- Fanger, P. O. (1986). Thermal Environment-Human Requirements. *The Environmentalist Technical University of Denmark*, 6 (4), pp. 275-278.
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort Analyses and applications in environmental engineering*. Denmark: McGraw-Hill Book Company, 1970, pp. 244. ISBN 0-07-019915-9.
- Federspiel, C., Liu, G. & Lahiff, M. (2002). Worker performance and ventilation: of individual data for call-center workers. *Proceeding of Indoor Air*. Vol. 1, pp. 796-801.
- Fiala, D., Psikuta, A., Jendritzky, G., Paulke, S., Nelson, D. A., & Lichtenbelt, W. D.(2010). Physiological modeling for technical, clinical and research applications. *Frontiers in Bioscience*, 2(-): pp. 939-968.
- Fonseca, F., Falcato, J. A., Andersen, F., Almeida, J. N. & Tojinha, M. (2012). *Dicionário Médico*. Climepsi Editores. Lisboa 2012. ISBN 978-972-796-325-6.
- Freitas, L. C. (2011). *Segurança e Saúde do Trabalho*. (2ª ed.) Lisboa: Silabo.
- Ftaiti, F., Kacem, A., Jaidane, N., Tabka, Z., & Dogui, M. (2010). Changes in EEG activity before and after exhaustive exercise in sedentary women in neutral and hot environments. *Applied Ergonomics*, 41(6), pp. 806-811. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2010.01.008>.
- Fujii, R. K., Horie, S., Tsutsui, T., & Nagano, C. (2008). Effectiveness of a head wash cooling protocol using non-refrigerated water in reducing heat stress. *Journal of Occupational Health*, 50(3), pp. 251-261.

- Gaoua, N. (2010). Cognitive function in hot environments: a question of methodology. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 20, pp. 60 - 70. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01210.x.
- Gaoua, N., Racinais, S., Grantham, J., & El Massioui, F. (2011). Alterations in cognitive performance during passive hyperthermia are task dependent. *International Journal of Hyperthermia*, 27(1), pp. 1-9. doi:10.3109/02656736.2010.516305.
- Garcia, A., Uribe, C. E., Tavares, M. C., & Tomaz, C. (2011). EEG and autonomic responses during performance of matching and non-matching to sample working memory tasks with emotional content. *Front. Behav. Neurosci.*, 5, pp. 82. doi: 10.3389/fnbeh.2011.00082.
- Genno, H., Saijo, A., Yoshida, H., Suzuki, R., & Osumi, M. (1997). Non-contact method for measuring facial skin temperature. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(2), pp. 147-159. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-8141\(96\)00010-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-8141(96)00010-8).
- Givoni, B. B., Khedari, J. J., Wong, N. H., Feriadi, H. H., & Noguchi, M. M. (2006). Thermal sensation responses in hot, humid climates: effects of humidity. *Building Research & Information*, 34(5), pp. 496-506. doi:10.1080/09613210600861269.
- Givoni, B. (1970). Man, climate and architecture New York: J. Wiley & Sons,. *Am J Public Health Nations Health*. 60(6): pp. 1169.
- González-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hyldig, T., & Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 86(3), pp. 1032-1039.
- Goodman, D. A., Kenefick, R. W., Cadarette, B. S., & Cheuvront, S. N. (2009). Influence of sensor ingestion timing on consistency of temperature measures. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 41(3), pp. 597-602. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818a0eef.
- Gopinathan, P. M., Pichan, G. & Sharma V. M. (1988). Role of dehydration in heat stress-induced variations in mental performance. *Arch Environ Health*. Vol. 43, pp. 15-17.
- Grandjean, C. A. & Grandjean N. R. (2007). Dehydration and Cognitive Performance. *The Center for Human Nutrition, Omaha, Nebraska (A.C.G.) Pate Rehabilitation, Dallas, Texas (N.R.G.) Journal of the American College of Nutrition*, 26 (5), pp. 549S-554S.
- Grandjean, E. (1979). Fatigue in industry. *From the Institutir Hygiene und Arbeitsphysiologie, Eidgendssische Technische Hochschule,CH-8092 Zurich, Switzerland. British Journal of Industrial Medicine*. 36(3), pp. 175-186. doi: 10.1136/oem.36.3.175.
- Greenleaf, J. E. & Kaciuba-Uscilko, H. (1989). Acclimatization to Heat in Humans. *NASA Technical Memorandum 101011*, pp. 1-42, NASA, USA.
- Griffiths, K. L., Mackey, M. G., & Adamson, B. J. (2011). Behavioral and psychophysiological responses to job demands and association with musculoskeletal symptoms in computer work. *J. Occup. Rehabil.* 21(4), pp. 482-492. doi: 10.1007/s10926-010-9263-3.
- Guedes J. C., Costa, E. Q., & Baptista, J. S. (2012). Using a Climatic Chamber to Measure The Human Psychophysiological Response Under Different Combinations Of Temperature And Humidity. *Thermology International*, Vol.22 (1 -3), pp.49-54.



- Hancock, P. A., Jennifer M. R., & James L. S. (2007). A Meta-Analysis of Performance Response Under Thermal Stressors. *University of Central Florida, Orlando*. 49(5) pp. 851–877. doi: 10.1518/001872007.X.230226.
- Hancock, P. A. (1986). Sustained Attention Under Thermal Stress. *Psychological Bulletin*, 99(2), pp. 263-281.
- Hancock, P. A. (1982). Task categorization and the limits of human performance in extreme heat. *Aviat Space Environ Med*. 1982 Aug. 53(8) pp. 778-84. PMID: 7181809[PubMed - indexed for MEDLINE].
- Hanslmayr, S., Sauseng, P., Doppelmayr, M., Schabus, M., & Klimesch, W. (2005). Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance in human subjects. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 30(1), pp. 1-10. Doi: 10.1007/s10484-005-2169-8.
- Hartley, M. D. & McCabe, J. (2001). The effects of cold on human cognitive performance-implications for design. Human Interfaces in Control Rooms, Cockpits and Command Centres, 2001. People in Control. *The Second International Conference (IEE Conf. Publ. No. 481)*, pp. 310-315. doi: 10.1049/cp:20010481.
- Hashiguchi, N., Feng, Y., & Tochihara, Y. (2010). Gender differences in thermal comfort and mental performance at different vertical air temperatures. *European Journal of Applied Physiology*, 109(1), pp. 41-48. doi: 10.1007/s00421-009-1158-7.
- Hedge, A., & Gaygen, D. E. (2010). Indoor Environment Conditions and Computer Work in an Office. *HVAC&R Research*, 16(2), pp. 123-138. doi: 10.1080/10789669.2010.10390897.
- Hofler, W. (1968). Adaptation in the tropical climate. Climatic chamber-field experiments-experiences. *Medizinische Klinik*, 63(25), pp. 995-1001.
- Höppe, P. R.(1999). The physiological equivalent temperature: a universal index for the assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43, pp. 71-5.
- Houghten, F. C & Yaglou, C. P. (1923). Determining equal comfort lines, *Journal of ASHVE*, 29, pp. 163-169.
- Hutton, S. B. (2008). Cognitive control of saccadic eye movements. *Brain and Cognition*, 68(3), pp. 327-340. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2008.08.021> Images. journal.pone, 6(6).
- Ingvar, H. (2010). Climate change and occupational heat stress: methods for assessment *Global Health Action*. 3: 5719 - DOI: 10.3402/gha.v3i0.5719.
- Insler, S. R., & Sessler, D. I. (2006). Perioperative Thermoregulation and Temperature Monitoring. *Anesthesiology Clinics of North America*, 24(4), pp. 823-837. doi: 10.1016/j.atc.2006.09.001
- Jackson, J. E., Yost, M., Karr, C., Fitzpatrick, C., Lamb, B., Chung, S., & Fenske, R. (2010). Public health impacts of climate change in Washington State: projected mortality risks due to heat events and air pollution. *Climatic Change*, 102(1-2), pp. 159-186. doi: 10.1007/s10584-010-9852-3.
- James, L. & Glazer, M. D. (2005) Management of Heatstroke and Heat Exhaustion. *American Family Physician*, 71, pp. 2133-2140.

- Jap, B. T., Lal, S., Fischer, P., & Bekiaris, E. (2009). Using EEG spectral components to assess algorithms for detecting fatigue. *Expert Systems with Applications*, 36(2), pp. 2352-2359. doi: 10.1016/j.eswa.2007.12.043.
- Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode placement system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, pp. 371-375.
- Jay, O. & Kenny, G. P. (2010). Heat Exposure in the Canadian Workplace. *American Journal of Industrial Medicine*, Vol. 53, pp. 842-853.
- Kaciuba-Uscilko, H., & Greenleaf, J. E. (1989). Acclimatization to Cold in Humans. *NASA Technical Memorandum* 101012, pp.1-42 NASA.USA.
- Kar, S., Bhagat, M., & Routray, A. (2010). EEG signal analysis for the assessment and quantification of driver's fatigue. *Transportation Research part F: Traffic psychology and behaviour*, 13(5), pp. 297-306. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2010.06.006>.
- Kataoka, H., Kano, H., Yoshida, H., Saijo, A., Yasuda, M., & Osumi, M. (1998). Development of a skin temperature measuring system for non-contact stress evaluation. Paper presented at the Engineering in Medicine and Biology Society, 1998. *Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE*. (29 Oct-1 Nov 1998).
- Katayama, L. T. & Labaki, L. C. (2002). Avaliação de conforto e stress térmico na construção civil. In *atas do 10º Congresso Interno de iniciação científica*. 25 - 26 set. <http://www.prp.rei.unicamp.br/pibic/congressos/xcongresso/pdfN/615.pdf>.
- Kenefick R. W., Cheuvront S.N., Ely B. R., Palombo L. J. & Sawka M. N. (2011). DEET insect repellent: effects on thermoregulatory sweating and physiological strain. *Eur J Appl Physiol* (2011) 111, pp. 3061-3068.
- Kenefick, R. W. & Sawka, M. N. (2007). Hydration at the Work Site. *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 26, No. 5, pp. 597S–603S.
- Kjellstrom, T., & Weaver, H. J. (2009a). Climate change and health: impacts, vulnerability, adaptation and mitigation. *New South Wales Public Health Bulletin*, 20(1-2), pp. 5-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1071/NB08053>.
- Kjellstrom, T., Holmer, I., & Lemke, B. (2009b). Workplace heat stress, health and productivity – an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Global Health Action*. 2, pp. 1-6: 10.3402/gha.v2i0.2047. doi:10.3402/gha.v2i0.2047.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain research reviews*, 29, pp. 169-195.
- Kok, R., Senior, J., Schiefer, R. E., Lewis M.I. & Meese, G. B. (1986). Investigation into the performance of strenuous work at high environmental temperatures – The relationship between heart rate and a fixed work / rest ratio. *International Journal of Industrial Ergonomics*. Elsevier SP, B.V Amsterdam, pp. 131-141.

- Kolarik, J., Toftum, J., Olesen, B. W., & Shitzer, A. (2009). Occupant Responses and Office Work Performance in Environments with Moderately Drifting Operative Temperatures (RP-1269). *HVAC&R Research*, 15(5): pp. 931-960.
- Kramer, F. A. & Parasuraman, R. (2007). *Neuroergonomics: application of neuroscience to human factor*, in Handbook of Psychophysiology, (3<sup>a</sup> Ed.) edited by John T. Cacioppo University of Chicago Louis G. Tassinari Texas A & M University Gary G. Berntson Ohio State University, pp. 704 -722. ISBN-10 0-511-27907-8.
- Kurdak, S. S., Shirreffs, S. M., Maughan R. J., Ozgüven K. T., Zeren C., Korkmaz S., Yazici Z., Ersoz G., Binnet M. S., Dvorak J. (2010). Hydration and sweating responses to hot-weather football competition. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2010: 20(3), pp. 133-139.
- Lal, S. K. L., & Craig, A. (2001). A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biol Psychol*, 55(3), pp. 173-194. doi: 10.1016/s0301-0511(00)00085-5.
- Lal, S. K. L., & Craig, A. (2002). Driver fatigue: Electroencephalography and psychological assessment. *Psychophysiology*, 39(3), pp. 313-321. doi: 10.1017/s0048577201393095.
- Lal, S.K.L., & Craig, A. (2005). Reproducibility of the spectral components of the electroencephalogram during driver fatigue. *International Journal of Psychophysiology*, 55(2), pp. 137-143. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2004.07.001>.
- Lamberts, R. & Xavier, A. A. de P. (2002). Conforto Térmico e Stress Térmico. *LabEEE Laboratório de Eficiência Energética em Edificações Brasil*: Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Civil (2002) acessado em 12 fevereiro de 2012 em <http://dec.ufms.br/lade/docs/cft/ap-labee.pdf>
- Lan, L., Lian, Z., Pan, L., & Ye, Q. (2009). Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature. *Building and Environment*, 44(8), pp. 1578-1588. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.10.004>.
- Lan, L., Lian, Z., & Pan, L. (2010). The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Appl Ergon*, 42(1), pp. 29-36. doi: 10.1016/j.apergo.2010.04.003.
- Lan, L., Wargocki, P., & Lian, Z. (2011). Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. *Energy and Buildings*, 43(5), pp. 1057-1062. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.09.001>.
- Law, L. & Lim, C. L. (2008). Heat Acclimatisation and Active Body Cooling Strategies To Mitigate Heat Stress For Operations Involving Bullet Proof Vests. *Defence Medical & Environmental Research Institute*, DSO National Laboratories, Singapore ADA505760. p. 8.
- Lee, J. K., Nio, A. Q., Lim, C. L., Teo, E. Y., & Byrne, C. (2010). Thermoregulation, pacing and fluid balance during mass participation distance running in a warm and humid environment. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Eur J Appl Physiol*, 109(5), pp.887-898. doi: 10.1007/s00421-010-1405-y.
- Lei, C., Jie L., Yaoru S., Huaping Z., & Chungang Y. (2010). EEG-based vigilance analysis by using fisher score and pea algorithm. University. Shanghai, China 201804. pp. 175-179.

- Lei, S. (2011). *Driver Mental States Monitoring Based on Brain Signals*. Dissertation, Von der Fakultät V - Verkehrs- und Maschinensystemeder Technischen Universität Berlin zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Ingenieurwissenschaften.
- Li, W., He, Q. C., Fan, X. M., & Fei, Z. M. (2012). Evaluation of driver fatigue on two channels of EEG data. Research Support, Non-U.S. Gov't. *Neurosci Lett*, 506(2), 235-239. doi: 10.1016/j.neulet. 2011.11.014.
- Lieberman H. R. (2007). Hydration and Cognition: A Critical Review and Recommendations for Future Research. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(5), pp.555S–561S (2007) Published by the American College of Nutrition.
- Lim, C. L., Byrne, C., & Lee, J. K. (2008). Human Thermoregulation and Measurement of Body Temperature in Exercise and Clinical Settings. *Ann. Acad. Med. Singapore*, 37(4): pp. 347-353.
- Link, J., & Pepler, R. (1970). Associated fluctuations in daily temperature, productivity and absenteeism. No 2167 RP-57, *ASHRAE Transactions* 76(II): pp 326-337.
- Lovvorn, J.R. (2008) Thermal substitution and aerobic efficiency: measuring and predicting effects of heat balance on endotherm diving energetics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B, 362, 2079–2094.
- Luber, G., & Prudent N. (2009) Climate Change and Human Health. *Trans Am Clin Climatol Assoc*; 120: pp. 113–117.
- Luft, C., & Andrade, A. (2006). A pesquisa com EEG aplicada à área de aprendizagem motora. *Rev Port Ciência de Desporto*, 6(1), pp. 106-115.
- Mackey, A. & Gass, S. (2005). Common data collection measures. In: *Second language research: methodology and design*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2005. pp. 43-99.
- Macpherson, R. K. (1962). The Assessment of the Thermal Environment. A Review. *British Journal of Industrial Medicine*, 19(3), pp. 151-164. doi: 10.1136/oem.19.3.151.
- Magalhães, S., Albuquerque, R. R., Pinto, J. C., & Moreira, A. L. (2002). *Termorregulação*. Acedido em setembro 19, 2013 em [http://fisiologia.med.up.pt/Textos\\_Apoio/outros/Termorreg.pdf](http://fisiologia.med.up.pt/Textos_Apoio/outros/Termorreg.pdf).
- Maruff, P., Snyder, P., McStephen, M., Collie, A., & Darby, D. (2006). Cognitive deterioration associated with an expedition in an extreme desert environment. *Br. J. Sports Med.* 40(6), pp. 556-560. doi: 10.1136/bjsm.2004.016204.
- Masterton, J. M. & Richardson, F. A. (1979), Humidex: a method of quantifying human discomfort. due to excessive heat and humidity, *CLI 1-79 Environment Canada. Atmospheric Environment Service Downsview Ontario*, 1979. pp. 45.
- Matsukawa, T. Sessler, D.I., Ozaki, M., Hanagata, K., Iwashita, H. & Kumazawa, T. (1997). Comparison of distal oesophageal temperature with "deep" and tracheal temperatures. *Canadian Journal of Anaesthesia* 44(4): pp. 433-438.
- Matthews, G., Davies, D. R., Westerman, S. J., & Stammers, R. B. (2000). *Human Performance: Cognition, Stress and Individual Differences*. Published by Psychology Press, 2000, 398. ISBN 978-0-415-04407-3.

- Maughan, R. J, Shirreffs, S. M., & P. Watson (2007). Exercise, Heat, Hydration and the Brain. School of Sport and Exercise Sciences, Loughborough University, Leicestershire, United Kingdom. *Journal of the American College of Nutrition*, 26, (5), pp. 604S–612S. Published by the American College of Nutrition.
- Maughan, R., & Shirreffs, S. (2004). Exercise in the heat: challenges and opportunities. *J Sports Sci*, 22(10), 917-927. doi: 10.1080/02640410400005909.
- McAriel (1947) The prediction of the physiological effect of warm and hot environments. *Med. Res. Council*, v. 47, pp.391, 1947.
- McGeehin, M. A. M., & Mirabelli, M. (2001). The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Temperature - Related Morbidity and Mortality in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 109.(2), pp. 185-189.
- McKenzie, J. E., & Osgood, D. W. (2004). Validation of a new telemetric core temperature monitor. *Journal of Thermal Biology*, 29(7-8), pp. 605-611. doi: 10.1016/j.jtherbio.2004.08.020.
- Memeo, S. A. (1973). Climatic Chamber in Bronchopulmonary Diseases of Elderly. *Giornale Di Gerontologia*, 21(2): pp.173-177.
- Miguel, A. S. S. R (2010). Manual de Higiene e Segurança do Trabalho. (11<sup>o</sup>Eds). Porto Editora, 2010. ISBN 978-972-0-01513-6.
- Miller, V.S & Bates, G.P. (2007). The Thermal Work Limit Is a Simple Reliable Heat Index for the Protection of Workers in Thermally Stressful Environments. *Annals of Occupational Hygiene*, 51(6), pp.553-561. doi: 10.1093/annhyg/mem035.
- Missenard, A. (1948) Equivalences thermiques des ambiances; equivalences de passage; equivalences de séjour. *Chaleurs et Industrie*, Juillet-Août. 24,159-72, p.p 189-98.
- Mizuno, T., Nomura, S., Nozawa, A., Asano, H., & Ide, F. (2009). Evaluation of Effect of the Mental Work and Simple Work by the Nasal Skin Temperature. *ICROS-SICE International Joint Conference 2009*. Size: 2C12-I SBN: 59784907764296.
- Monteiro, L. M. & Alucci, M. P. (2007). Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos. *Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente*. 7(3), pp. 45-58 Julh/set, 2007.
- Muller, D.M., Seo Y., Kim, C.H., Ryan E. J., Pollock, B. S., Burns, K. J., & Glickman, E.L. (2014). Cold habituation does not improve manual dexterity during rest and exercise in 5°C. *Int. J. Biometeorol.* 2014 Apr; 58(3):pp.383-94. doi: 10.1007/s00484-013-0633-3. Epub 2013 Feb 7.
- Muller, M. D., Gunstad, J., Alosco, M. L., Miller, L. A., Updegraff, J., Spitznagel, M. B., & L. Glickman, E. (2012). Acute cold exposure and cognitive function: evidence for sustained impairment. *Ergonomics*, 55(7), pp. 792-798. doi: 10.1080/00140139.2012.665497.
- Nag, P. K., Nag, A., & Ashtekar, S. P. (2007). Thermal Limits of Men in Moderate to Heavy Work in Tropical Farming. *Ind. Health*, 45(1), pp. 107-117. doi: 10.2486/indhealth.45.107.
- Nagano, K., Takaki, A., Hirakawa, M., & Tochihara, Y. (2005). Effects of ambient temperature steps on thermal comfort requirements. *Int. J. Biometeorol*, 50(1), pp.33-39. doi: 10.1007/s00484-005-0265-3.

- Nakamura, M., Yoda, T., Crawshaw, L. I., Yasuhara, S., Saito, Y., Kasuga, M., & Kanouse, K. (2008). Regional differences in temperature sensation and thermal comfort in humans *J. Appl. Physiol*, 105: pp. 1897-1906.
- Naughton, G. A., & Carlson, J.S (2008). Reducing the risk of heat -related decrements to physical activity in young people. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, pp. 58-65.
- Nielsen, B. & Nybo. L. (2003). Cerebral changes during exercise in the heat. *PubMed*, 33(1), pp. 1-11.
- Nielsen, B., Hales, J. R., Strange, S., Christensen, N. J., Warberg, J., & Saltin, B. (1993). Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *J Physiol*, 460, pp. 467-485.
- Niemelä, R., Railio, J. Hannula, M., Rautio, S., & Reijula, K. (2001). Assessing the effect of indoor environment on productivity. *Proceedings of Clima 2000 Conference in Napoli (CD)*.
- Niemelä, R., Hannula, M., Rautio, S., Reijula, K. & Railio J..(2002). The effect of indoor air temperature on labour productivity in call centers—A case study. *Energy and Buildings* 34, pp. 759-764.
- Niosh (2002). Niosh Health Hazard Evaluation Report. CDC Workplace Safety and Health Heta N° 99-0321-2873 USGrand Canion Arizona pp. 1-39.
- Nishida, S. M. (2007). Hipotálamo: O Alto comando sobre as funções viscerais. [Online] *Curso de Fisiologia 2007- Departamento de Fisiologia. Ciclo de Neurofisiologia*.
- Nishimura, N., Murai, K., & Hayashi, Y. (2011). Basic Study of a Mental Workload for Students's Simulator Training Using Herat Rate Variability, Salivary Amylase Activity and Facial Temperature. *Proc. of the 2011 6th International Conference on System of Systems Engineering*, Albuquerque, New Mexico, Usa27-30 June 2011, pp. 67-71.
- Nunes, F. M. D. O. (2010). Segurança e Higiene do Trabalho. (Manual Técnico). (3ª Ed.) Edições Gustave Eiffel Amadora.ISBN 972-832-645-9.
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001a). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol*, 91, pp.1055-1060.
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001b). Perceived exertion is associated with an altered brain activity during exercise with progressive hyperthermia. *J. Appl. Physiol.* 91, pp. 2017-2023.
- Nybo, L., Moller, K., Volianitis, S., Nielsen, B., & Secher, N. H. (2002). Effects of hyperthermia on cerebral blood flow and metabolism during prolonged exercise in humans. [Clinical Trial Research Support, Non-U.S. Gov't]. *J. Appl. Physiol*, 93(1), pp. 58-64. doi: 10.1152/japplphysiol.00049.2002.
- Nybo, L. (2003). CNS Fatigue and Prolonged Exercise: Effect of Glucose Supplementation. *Medicine & Science in Sports & Exercise* pp. 589- 594.
- O'Neal, E. K. & Bishop, P. (2010). Effects of work in a hot environment on repeated performances of multiple types of simple mental tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 40(1), pp. 77-81. doi: 10.1016/j.ergon.2009.07.002.

- Olesen, B. W. & Fanger, P. O. (1973), 'The skin temperature distribution for resting man in comfort', *Arch. Sci. Physiology*, 27, pp. A385–A393.
- Olesen, B. W., & Madsen, T. L. (1995). Measurements of the physical parameters of the thermal environment. *Ergonomics*, 38(1), pp. 138-153. doi: 10.1080/00140139508925091.
- Olli, S., William, J. F. & Faulkner D. (2005). Control of temperature for health and productivity in offices. Helsinki University of Technology Institute of Heating Ventilating and Air Conditioning Espoo, Finland. Lawrence Berkeley National Laboratory Environmental Energy Technologies Division Indoor Environment Department Berkeley, CA 94720. pp. 1-11, em [https://eaei.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-55448\\_0.pdf](https://eaei.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-55448_0.pdf).
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration) Fact Sheet (2005) Working Outdoors in Warm Climates, [www.osha.gov](http://www.osha.gov) DSTM 9/2005.
- Parsons, K. (2013). Occupational Health Impacts of Climate Change: Current and Future ISO Standards for the Assessment of Heat Stress. *Ind. Health, Nat. Inst. Occupational, S., & Health*, J 51(1), pp.86-100.
- Parsons, K.C. (2003) *Human thermal environments: The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance*. (2nd ed.), Taylor and Francis, London , January 2003, pp. 527, ISBN 0 415 23792 0.
- Parsons, K. (2009). Maintaining health, comfort and productivity in heat waves. Coaction Publishing. *Global Health Action* 2009. 2, pp. 1-7. DOI: 10.3402/gha.v2i0.2057.
- Pepler, R. & Warner R. (1968). Temperature and Learning: An Experimental Study. *ASHRAE Trans.* 74(2): pp. 211-224.
- Pilcher, J. J., Nadler, E., & Busch, C. (2002). Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics*, 45(10), pp. 682-698. doi: 10.1080/00140130210158419.
- Pizzagalli, A. D. (2007). *Electroencephalography and high-density electrophysiological source localization*. in Handbook of Psychophysiology, (3 rd ed.) edited by John T. Cacioppo University of Chicago Louis G. Tassinary Texas A & M University Gary G. Berntson Ohio State University.
- Punsawad, Y., Aempedchr, S., Wongsawat, Y., & Panichkun, M. (2011). Weighted - frequency index for EEG - based mental fatigue alarm system. Department of Biomedical Engineering, Mahidol University Thailand, pp. 36-41.
- Racinais, S., Fernandez, J., Farooq, A., Valciu, S. C., & Hynes, R. (2012). Daily variation in body core temperature using radio-telemetry in aluminium industry shift-workers. *Journal of Thermal Biology*, 37 (4), pp. 351-354. doi: 10.1016/j.jtherbio.2011.08.006.
- Racinais, S., Gaoua, N., & Grantham, J. (2008). Hyperthermia impairs short-term memory and peripheral motor drive transmission. *J. Physiol*, 586 (Pt 19), pp. 4751-4762. doi: 10.1113/jphysiol.2008.157420.
- Radakovic, S. S., Maric J, Surbatovic M, Radjen S, Stefanova E, Stankovic N, & Filipovic N. (2007). Effects of acclimatization on cognitive performance in soldiers during exertional heat stress. Belgrado, serbia: *Mil Med*. 2007 Feb; 172(2), pp. 133-6.
- Rasmussen, P., Stie, H., Nybo, L., & Nielsen, B. (2004). Heat induced fatigue and changes of the EEG is not related to reduced perfusion of the brain during prolonged

- exercise in humans. *Journal of Thermal Biology*, 29(7-8), pp. 731-737. doi: 10.1016/j.jtherbio.2004.08.047.
- Ribeiro, B. (2010). *Calor, Fadiga e Hidratação* Vol. 1 .Textos Editores. Alfragide. Outubro 2010. ISBN 978-972-47-4182-6.
- Ridderinkhof, K. R., Van den Wildenberg, W. P. M., Segalowitz, S. J., & Carter, C. S. (2004). Neurocognitive mechanisms of cognitive control: The role of prefrontal cortex in action selection, response inhibition, performance monitoring, and reward-based learning. *Brain and Cognition*, 56(2), pp. 129-140. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2004.09.016>.
- Rulffs, W. (1966). On the climatic chamber treatment of whooping cough. *Therapie der Gegenwart*, 105(11), pp. 1418-1429.
- Ryu, K., & Myung, R. (2005). Evaluation of mental workload with a combined measure based on physiological indices during a dual task of tracking and mental arithmetic. *International Journal of Industrial Ergonomics* 35, pp. 991-1009.
- Sá, R. (1999). *Introdução ao Stress Térmico em Ambientes Quentes*. Acedido em abril 20, 2011).<http://www.factorsegur.pt/artigosA/artigos/Introducao%20Stress%20termico.pdf>.
- Sauerborn, R., Kjellstrom, T., & Nilsson, M. (2009). Invited Editorial: Health as a crucial driver for climate policy. *Global Health Action*, Vol 2. doi:10.3402/gha.v2i0.2104.
- Sawka, M. N., Castellani, J. W., Pandolf, K., & Young, A. J. (2001). Human Adaptations to Heat and Cold Stress. Paper presented at the RTO HFM Symposium on *Blowing Hot and Cold: Protecting Against Climatic Extremes*, held in Dresden, Germany, 8-10 October 2001, and published in RTO-MP-076. pp. KN4-1-KN4.15.
- Schellen, L., Van Marken Lichtenbelt, W. D., Loomans, M. G. L. C., Toftum, J., & De Wit, M. H. (2010). Differences between young adults and elderly in thermal comfort, productivity, and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and a steady-state condition. *Indoor air*, 20(4): pp. 273-283.
- Schlader, Z. J., Simmons, S. E., Stannard, S. R., & Mündel, T. (2011). The independent roles of temperature and thermal perception in the control of human thermoregulatory behavior. *Physiology & Behavior*, 103(2), pp. 217-224. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.02.002>.
- Seppänen, O., & William J. F. (2003). A conceptual model to estimate cost effectiveness of the indoor environment improvements. Lawrence Berkeley National Laboratory, - *Proceedings of the Healthy Buildings 2003 Conference, Singapore*. V3 pp 368-374.
- Seppänen, O., William J. F., & Faulkner, D. (2003) Cost benefit analysis of the night-time ventilative cooling. *Proceedings of the Healthy Buildings Conference, Singapore*, Vol 3, pp. 394-399.
- Seppänen, O., William J. F., & Lei, Q.H. (2006) Effect of temperature on task performance in office environment. Helsinki University of Technology, July 2006 - Lawrence Berkeley National Laboratory. Retrieved from: <http://escholarship.org/uc/item/45g4n3rv>.
- Seppänen, O., William, J.F., & Faulkner, D. (2005b). Control of Temperature for Health and Productivity Offices. *ASHRAE*. 2005, Vols. III, Part 2, pp. 680-686.



- Seppänen, O. A. & William J. F. (2005a) Some quantitative relations between indoor environmental quality and work performance or health. *Proceedings of the 10th international conference on indoor air quality and climate* Beijing., pp. 40–53.
- Shahrak ,S., & Bakar N. B. A. (2011). Review of relationship between knowledge of management, workforce productivity and nervous fatigue. *African Journal of Business Management*, 5(34), pp. 13089-13094.
- Simmons, S. E., Saxby. B. K., McGlone F. P., & Jones D. A. (2008a). The effect of passive heating and head cooling on perception cardiovascular function and cognitive performance in the heat. *Eur J Appl Physiol* (2008) 104, pp. 271-280.
- Simmons, S. E., Mundel, T., & Jones, D. A. (2008b). The effects of passive heating and head-cooling on perception of exercise in the heat. *Eur. J. Appl. Physiol*, 104(2), pp. 281-288. doi: 10.1007/s00421-007-0652-z.
- Smith, D. L., Petruzzello, S. J., Kramer, J. M., & Misner, J. E. (1997). The effects of different thermal environments on the physiological and psychological responses of firefighters to a training drill. *Ergonomics*, 40(4), pp.500-510. doi: 10.1080/001401397188125.
- Sousa, A. & Baptista, J. S. (2014). Comparative study between productivity predictive models for work in hot environments. *Safety and Hygiene II*, CRC Press, pp. 31-36.
- Sundstrom, E. (1987). *Work environments. Offices and factories*. Handbook of psychology. D. Stokols and I. Altman I. (1/ 19):733-738.
- Talaia, M. & Rodrigues, F. (2008). Conforto e Stress Térmico: Uma avaliação em Ambiente Laboral. Maputo Moçambique: Proceedings em CD -Rom da CLME/2008/IICEM.5º Congresso Luso-Moçambique.Maputo. Editores Gomes et al. Edições INEGI. Artigo 11A020, 2008. pp. 15.
- Talaia, M. & Simões, H. (2009). Alterações Climáticas e Bem-estar do Ser Humano. *Livro de resumos do 6º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG e 10º Encontro Luso-Espanhol de Meteorologia*, pp. 55.
- Talaia, M. A. R. & Rodrigues, F. A. G. (2006). O organismo humano num ambiente de stress termico - caso de uma área com fornos. *Actas das XXIX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española - Aplicaciones Metereológica- & 7º Encuentro Hispano-Luso de Metereologia - Metereologia Y Eficiencia Energética-, Pamplona, Sesión 1. Madrid: Asociación Metereológica Española*. ISBN-13:978-84-611-1490-0. 2006. pp.5.
- Talaia, M. & Rodrigues A. (2004). O conforto humano e as alterações ambientais. Um estudo de caso em Ambiente Quente. *Espanha: Proceedings of the XXVIII Jornadas Científicas, La Meteorologia y El Clima Atlânticos, 5º Encuentro Hispano-Luso de Metereologia: La Meteorologia y Climatologia en los Sectores Público e Privado*, CD ROM, 2004. pp. 474-483. ISBN: 84-8320-262-1.
- Tanabe, S., Kimura K, & Hara T. (1987). Thermal comfort Requirements during the summer season in Japan. *ASHRAE Transactions* 1987; 93, pp. 564-77.
- Tanabe, S.-I., Nishihara, N., & Haneda, M. (2007). Indoor Temperature, Productivity, and Fatigue in Office Tasks. *HVAC&R Research*, 13(4), pp. 623-633. doi: 10.1080/10789669.2007.10390975.
- Tanaka, H., Hayashi, M., & Hori, T. (1997). Topographical characteristics and principal component structure of the hypnagogic EEG. *Sleep*, 20, pp. 523–534.

- Tanaka, M. (2006). Heat Stress Standard for Hot Work Environments in Japan. *Industrial Health*, 20 October 2006, Vol. 45, pp. 85-90.
- Taylor, N. A. S. (2004). Challenges to Temperature Regulation When Working in Hot Environments. *Industrial Health*, 44, pp. 331-344.
- Tham, K. W., & Willem, H. C. (2010). Room air temperature affects occupants' physiology, perceptions and mental alertness. *Building and Environment*, 45(1), pp. 40-44. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.04.002>.
- Tian, Z., Zhu, N., Zheng, G., & Wei, H. (2011). Experimental study on physiological and psychological effects of heat acclimatization in extreme hot environments. *Building and Environment*, 46(10), pp. 2033-2041. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.027>.
- Trejo, L. J., Kochavi, R., Kubitz, K., Montgomery, L.D., Rosipal, R., Matthews, B. (2005) Measures and models for predicting cognitive fatigue. Proceedings of the SPIE, Volume 5797, pp. 105-115 (2005). (SPIE Homepage) DOI: 10.1117/12.604286.
- Tsutsumi, H., Tanabe, S., Harigaya, J., Iguchi, Y., & Nakamura, G. (2007). Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment. *Building and Environment*, 42(12), pp. 4034-4042. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.037>.
- Van Heuken, Y. (1955). Treatment of certain respiratory diseases in a climatic chamber. *Le Scalpel*, 108(51): pp. 1351-1358.
- Vernacchia, A. R. & Hartley, S. V. (1999). Psychological adaptation to heat stress. *Track coach*, pp. 4730-4735.
- Vernon, H. M. & Warner, C. G. (1932), The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures. *J. Hyg.*, v.32, pp. 431-462.
- Wakabayashi, H., Wijayanto, T., Lee, J., Hashiguchi, N., Saat, M., & Tochiara, Y. (2011). Comparison of heat dissipation response between Malaysian and Japanese males during exercise in humid heat stress. *Int. J. Biometeorol*, 55(4), pp. 509-517. doi: 10.1007/s00484-010-0374-5.
- Walter, H. (1968). The heat tolerance test according to Kirn as a method for body constitution diagnosis. Use in the examination of the fitness for the tropics. *Medizinische Klinik*, 63(25), pp. 991-993.
- Wang, F., Gao, C., Kuklane K & Holmér, I. (2013). Effects of various protective clothing and thermal environments on heat strain of unacclimated men: the PHS (predicted heat strain) model revisited. *Ind Health*. 51(3), pp. 266-274.
- Wang, Z., Hope, R. M., Wang, Z., Ji, Q., & Gray, W. D. (2011). An EEG Workload Classifier for Multiple Subjects. *33<sup>rd</sup> Annual International Conference of the IEEE EMBS*.
- Watson, R. T., Patz, J., Gubler, D. J., Parson, E. A., & Vincent, J. H. (2005). Environmental health implications of global climate change. [10.1039/B504683A]. *Journal of Environmental Monitoring*, 7(9), pp. 834-843. doi: 10.1039/b504683a.
- Webb, C. (1960). Thermal discomfort in an equatorial climate. *Journal IHVE*, n. 27, pp. 10.

- Wenzel, H. G., & Stratmann, F. (1968). Technical experiments on the structure and operation of a climatic chamber for physiologic studies of humans at work. *Internationale Zeitschrift fur angewandte Physiologie, Einschliesslich Arbeitsphysiologie*, 25(3): pp. 23.
- Witterseh, T., Wyon D. P., & Clausen, G. (2004). The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work., *Indoor Air* 2004; 14 ( 8), pp.30-40.
- Wright, K. P., Hull, J. T., & Czeisler, C. A. (2002). Relationship between alertness, performance, and body temperature in humans. *Am. J. Physiol. Regul Integr Comp Physiol*, 283(6), pp. R1370-1377. doi: 10.1152/ajpregu.00205.2002.
- Wyon, D. P., Andersen I., & Lundqvist G. R. (1972). Spontaneous magnitude estimation of thermal discomfort during changes in the ambient temperature. *J. Hyg. (Lond)* 1972 June; 70(2): pp. 203–221. PMCID: PMC2130040.
- Wyon, D. P., Andersen I. & Lundqvist, G. R. (1979). The effects of moderate heat stress on mental performance. s.l. : *Scand. J. Work Environ. & Health* 5, 1979. pp. 352-361.
- Xiang, J., Bi, P., Pisaniello, D., & Hansen, A. (2014). Health Impacts of Workplace Heat Exposure: An Epidemiological Review. *Ind. Health*, 52(2), pp. 91-101. doi: 10.2486/indhealth.2012-0145.
- Xun, W., Khan, A., Michael, E., & Vineis, P. (2010). Climate change epidemiology: methodological challenges. *International Journal of Public Health*, 55(2), pp. 85-96. doi: 10.1007/s00038-009-0091-1.
- Yaglou, C., & Minard, D. (1957). Control of heat casualties at military training centers. *A.M.A. Archives of Industrial Health*, n. 16, pp. 302-316.
- Yamtraipat, N., Khedari J., & Hirunlabh J. (2005). Thermal comfort standards for air conditioned buildings in hot and humid Thailand considering additional factors of acclimatization and education level. *Solar Energy* Volume 78, Issue 4, April 2005, pp. 504-517, Sustainable Energy and Green Architecture.
- Yao, Y., Lian, Z., Liu, W., & Jiang, C. (2008a). Measurement Methods of Mean Skin Temperatures for the PMV Model. *HVAC&R Research*, 14(2), pp. 161-174.
- Yao, Y., Lian, Z., Liu, W., & Shen, Q. (2008b). Experimental study on physiological responses and thermal comfort under various ambient temperatures. *Physiology & Behavior*, 93(1–2), pp. 310-321. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.09.012>.
- Yao, Y., Lian, Z., Liu, W., Jiang, C., Liu, Y., & Lu, H. (2009). Heart rate variation and electroencephalograph - the potential physiological factors for thermal comfort study. *Indoor Air*, 19(2), 93-101. doi: 10.1111/j.1600-0668.2008.00565.x.
- Yu, J., Cao. G., Cui. W., Ouyang, Q., & Zhu, Y. (2013). People who live in a cold climate: thermal adaptation differences based on availability of heating. *Indoor Air*; 23(4): pp. 303–310. doi: 10.1111/ina.12025. Epub.
- Zhang, C., & Yu, X. (2010). Estimating mental fatigue based on electroencephalogram and heart rate variability. *Polish Journal of Medical Physics And Engineering*, 16(2), pp. 67-84.

Zhao, J., Zhu, N., & Lu, S. (2009). Productivity model in hot and humid environment based on heat tolerance time. *Building and Environment*. 16 January 2009, Vol. 44, pp. 2202-2207.

Zoly J. K., & Pierre. F.H. (1981). Mental Activity and the E.E.G: task and workload related effects. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 19, pp.185-194.

## 8.2 Normas

ASHRAE Standard 55-2010 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

ASHRAE Standard 55-2013 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

BSR/ASHREA standard 55P. (2004). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (pp. 50).

ISO 10075-1 (1991) - Ergonomic principles related to mental work-load - General terms and definitions”

ISO 10075-2 (1996) - Ergonomic principles related to mental workload — Part 2: Design principles

ISO 10075-3 (2004) - Ergonomic principles related to mental workload -- Part 3: Principles and requirements concerning methods for measuring and assessing mental workload

ISO 10551 (1995) - Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales”

ISO 12894 (2001) - Ergonomics of Thermal Environment - Medical supervision of individuals exposed to extreme heat or cold environments (pp. 38). Switzerland.

ISO 13732-1 (2008) - Ergonomics of the thermal environment – methods for the assessment of human responses to contact with surfaces. Part 1 – Hot surfaces”

ISO 13732-2 (2001) - Ergonomics of the thermal environment – methods for the assessment of human responses to contact with surfaces. Part 2 – Moderate surfaces

ISO 13732-3 (2008) - Ergonomics of the thermal environment – methods for the assessment of human responses to contact with surfaces. Part 3 – Cold surfaces”

ISO 15265 (2004) - Ergonomics of the thermal environment – Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions”.

ISO 7243 (1995) - Hot environments- Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature).

ISO 7726 (1998) - Thermal environments – Instruments and methods for measuring physical quantities”.

ISO 7730 (2005) -. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (pp. 60). Switzerland.

ISO 7933 (1989) - Ergonomics – Evaluation of thermal strain by physiological measurements.

ISO 8996 (2004) - International Standard - ISO 8996 - Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate.

ISO 9886 (2004) - Ergonomics - Evaluation of Thermal Strain by Physiological Measurements. International Standard.

ISO 9920 (1995) - Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble.”



---

# ANEXOS

---





---

## **ANEXO 1 - APRESENTAÇÃO DO PROJETO À COMISSÃO DE ÉTICA**

Exmo. Senhor

Presidente da Comissão de Ética da Universidade do Porto

Professor Doutor António Jorge dos Santos Pereira de Sequeiros

De acordo com a conversa telefónica com a Dr.<sup>a</sup> Ana Miguel, na qual foi sugerida uma breve explicação do projeto que se quer levar a cabo na FEUP, vimos por este meio dar a conhecer o respetivo projeto com o intuito de saber se carece de apreciação pela comissão de Ética da Universidade do Porto.

Neste sentido, junto enviamos um breve resumo do projeto de investigação que se pretende iniciar e cujo título é:

*“Influência do Ambiente Térmico na resposta cognitiva em Atividades Sedentárias”.*

Da equipa de investigação fazem parte o Professor Doutor João dos Santos Baptista, Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; o Professor Doutor Miguel Tato Diogo, Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; o Professor Doutor José Torres Costa, Professor Auxiliar da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Dr. Pedro Almeida, Faculdade de Psicologia / Professor Auxiliar da Faculdade de Direito, Pedro Chaves aluno de mestrado da Faculdade de Psicologia e Emília Quelhas Costa, Assistente Convidada e estudante de Doutoramento (DemSSO).

O Projeto será levado a cabo no Centro de Investigação em Geoambiente e Recursos (CIGAR) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto com a colaboração das Faculdades de Medicina, de Psicologia e de Direito.

*Resumo: Muitas das atividades quotidianas, nomeadamente, a nível profissional, apesar de não exigirem um elevado desempenho físico, têm fortes exigências a nível cognitivo. Por essa razão, os problemas do stresse térmico na saúde e o seu impacto ocupacional têm vindo a ganhar importância cada vez maior, tanto nas organizações como na investigação. Neste projeto, pretende-se avaliar a resposta cognitiva sob diferentes condições de temperatura e humidade em tarefas sedentárias, conhecendo os fatores individuais: antropométricos e fisiológicos. Os ensaios serão efetuados em condições controladas numa câmara climática e numa primeira fase, serão selecionados voluntários do sexo masculino, no sentido de homogeneizar a amostra e minimizar a variabilidade dos resultados. Os fatores fisiológicos serão monitorizados em tempo real, ao mesmo tempo que serão simuladas três cargas de trabalho cognitivo, que serão avaliadas através de testes com protocolos definidos para o efeito. Espera-se com os resultados obtidos poder contribuir para a diminuição de acidentes de um modo geral em qualquer atividade onde as exigências cognitivas são elevadas. A par desta investigação outros trabalhos vão ser realizados usando os mesmos recursos.*

---

O Ambiente térmico pode afetar o desempenho e consequentemente a produtividade de uma organização. A influência do stresse, no comportamento humano, devido a temperaturas extremas tem vindo a ser tema de estudo ao longo de vários anos, pois permite compreender as reações dos indivíduos perante condições de trabalho adversas e árduas. Como objetivo geral neste projeto pretende-se estudar a resposta cognitiva humana em diferentes condições de temperatura e humidade, para determinar as condicionantes da fadiga em diferentes tarefas. Como objetivos específicos, pretende-se relacionar variáveis fisiológicas e antropométricas que possam ser mensuráveis no laboratório e ser testadas em contexto real; obter a resposta cognitiva para diferentes ambientes térmicos, de moderados a extremos; obter relações significativas entre as diferentes variáveis e interpretar os resultados, articulando-os com o conhecimento existente, disponível na literatura da área em estudo.

Esta investigação vai ser organizada em diferentes etapas: pesquisa bibliográfica; ensaio piloto e aferição do protocolo de ensaio; ensaios sistemáticos em ambiente controlado; ensaios em ambiente real; tratamento e análise de dados; interpretação e discussão de resultados. A população definida para este projeto será constituída por voluntários. De modo a controlar os fatores que poderiam restringir a tolerância ao calor, e reduzir a variabilidade da amostra, o critério de recrutamento será baseado em fatores individuais que cumpram as seguintes características: ser do sexo masculino, ser não fumador; ter uma idade compreendida entre os 18 e os 24 anos; índice de massa corporal entre 18,5 e 25; peso estável nos últimos seis meses; consumidor habitual de pequeno-almoço; não medicado; ter um bom estado geral de saúde, sem registo de doenças nos últimos doze meses, na primeira fase de recrutamento ser estudante, podendo ser profissional de outras áreas numa segunda fase. Toda a informação detalhada das características individuais dos voluntários serão registadas assim como, será realizada uma avaliação médica. Será pedido a cada voluntário para assinar uma ficha de consentimento informado, onde é confirmado o desejo livre de participar no estudo em causa, após ter sido informado sobre todos os aspetos relevantes à participação no referido estudo, assegurando assim, por um lado a sua livre decisão de participar e, por outro lado, que a pesquisa é consistente com os seus interesses, valores e preferências.

Neste projeto vai ser necessário identificar, desenvolver e relacionar conceitos, modelos, instrumentos e dados de natureza distinta e interdisciplinar (por exemplo, engenharia, segurança, economia, medicina direito e psicologia) que contribuem para a caracterização global do fenómeno de interação a estudar. Pretende-se, dessa forma, contribuir também para tornar o ambiente de trabalho mais seguro, principalmente nas tarefas onde possíveis erros mentais, provocados ou acelerados pelo exercício de atividades a diferentes temperaturas e humidades possam ocorrer e dar origem, direta ou indiretamente, a acidentes com o trabalhador e/ou em terceiros.

Está previsto neste trabalho, recorrer a diversos equipamentos. O dispositivo mais importante trata-se de uma câmara climática – *FITOCLIMA 25000 EC20* - construída em conformidade com as normas e diretivas da CE, respeitantes às exigências da saúde e da segurança. Esta câmara tem a possibilidade de simular a exposição a ambientes térmicos

---

característicos de diversos ambientes de trabalho. Dentro dela a temperatura pode ser controlada de -20°C a +50°C e a humidade de 30% a 98%. A câmara está ainda equipada com sensores de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>.

A temperatura interna do corpo é um dos fatores mais importantes a monitorizar, pois além de ajudar a estudar a resposta cognitiva durante a exposição a temperaturas elevadas, é um dos melhores métodos para reduzir o risco de lesão provocada pelo calor. Tem sido aplicado em diferentes estudos quer em laboratório quer em contexto real, nomeadamente em: atletas, estudantes, militares. De acordo com Ribeiro (2010, p.33), os dois métodos *gold-standard* para a medição da temperatura interna têm algumas limitações, um dos métodos devido ao desconforto que causa, no caso da temperatura esofágica, provocado pela instalação do dispositivo intra-esofágico e o outro método, devido ao facto de serem de difícil implementação no terreno, no caso da temperatura retal. Assim a introdução de sensores térmicos ingeríveis (STI) veio permitir a medição da temperatura interna sem as limitações técnicas dos outros métodos. Esta conclusão foi ainda sustentada pela pesquisa efetuada até ao momento, onde se comprovou que esta técnica tem vindo a ser aplicada em vários estudos, já validados por diferentes autores, e aprovados pelas comissões de ética das respectivas organizações. Trata-se de uma cápsula de telemetria *thermometer-pill* que deve ser ingerida com água pelo menos 5 horas antes de cada ensaio e que viaja ao longo do aparelho digestivo de modo inofensivo, saindo naturalmente dentro de 24 a 72 horas. Os sensores começam a transmitir de 15 em 15 segundos, um minuto após a ativação feita pelo monitor externo. Os dados são enviados (precisão de +/- 0,01°C) por telemetria para o sistema de gravação de dados. No trabalho que se pretende levar a cabo na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), este último método vai ser utilizado com carácter preventivo. A *Ingestible Core Temperature Capsule* tem a dimensão de 8,7mm diâmetro por 23mm de comprimento, e emite um sinal cada 15 segundos, para um monitor designado por *Equivital. EQ02 Life Monitor - Sensor Electronics Module (SEM)* que transmite os dados por Bluetooth.

Existem outros equipamentos necessários para verificar como os fatores fisiológicos respondem a ambientes térmicos tais como: sensores térmicos para a medição da temperatura da pele; EEG (eletroencefalograma) para medir a atividade cerebral; ECG (eletrocardiograma) para medir a frequência cardíaca e balança para calcular a perda de taxa corporal por desidratação, os quais serão usados em conjunto.

A recolha de dados será, ainda, realizada através de vários instrumentos, nomeadamente, questionários, testes de avaliação cognitiva e protocolos específicos para o efeito.

Para a elaboração do protocolo de ensaios foram selecionados vinte e um artigos. Dezas seis estudos foram aprovados por comissões de éticas das respetivas instituições foram eles: (Gaoua, 2010), (Coso et al., 2011), (Ftaiti et al., 2010), (Lee, J. K., Nio, A. Q., Lim, C. L., Teo, E. Y., & Byrne, C., 2010), (Lan L., Lian Z., & Pan Li., 2010), (Lan Li et al., 2008), (Hashiguchi, N., Feng, Y., & Tochihara, Y., 2010); (Racinais et al., 2008); (Simmons S.E., Saxby. B. K., McGlone F. P., & Jones D. A., 2008a), (Yao, Lian, Liu, & Shen, 2008b), (Nybo, L., Moller, K., Volianitis, S., Nielsen, B., & Secher, N. H., 2002), (Nybo, L., & Nielsen, B., 2001a), (Matsukawa, T. Sessler, D. I., Ozaki, M., Hanagata, K.,

---

Iwashita, H. & Kumazawa, T., 1997), (Kurdak et al., 2010) e 3 aprovados pelo “Human Use Review Committee at the USA Army Reserach Institute of Environmntal Medicine and the Human Subjects Reserach Review Board” at the USA Army Medical Reserach and Material Comand (USAMRMC) (Adam et al., 2008), (Goodman, Kenefick, Cadarette, & Cheuvront, 2009) e (Ely et al., 2009) e um (Armstrong, et al., 2010), foi aprovado pela Universidade de Connecticut’s Institutional Review Board.

Outro estudo foi aprovado pelo conselho de revisão institucional e os investigadores aderiram a políticas de proteção dos seres humanos, conforme prescrito no Exército, Regulamentos 70-25 e Exército dos EUA Pesquisa Médico (Kenefick R. W., Cheuvront S.N., Ely B. R., Palombo L. J. & Sawka M. N 2011).

Alguns artigos apenas referem o consentimento informado assinado onde esclarecem os voluntários quanto aos riscos do estudo e do tratamento de dados pessoais (Di Stasi, Marchitto, Antolí, Baccino, & Cañas, 2010).

Os ensaios decorrerão, na câmara climática descrita atrás, onde vão ser controladas oito temperaturas (20, 23, 26, 28, 30, 32, 35, 38 e 40°C) e três humidades (30, 60 e 90%). Os parâmetros fisiológicos de cada voluntário, já mencionados, serão monitorizados em tempo real. Os ensaios serão supervisionados pelo responsável técnico da pesquisa e por um técnico de saúde. O pesquisador ou a equipa de pesquisa deve interromper a pesquisa imediatamente ao perceber algum risco ou dano à saúde do participante, não previsto no termo de consentimento informado, se julgarem que a continuação possa ser prejudicial ao participante.

Com esta investigação espera-se benefícios, quer individuais quer coletivos, prevalecendo sempre os interesses dos indivíduos sobre os interesses da ciência e da sociedade. No que se refere aos indivíduos submetidos à experiência, estes, ficam a conhecer a própria resposta fisiológica a determinadas condições ambientais o que poderá ajudar em futuras opções profissionais. Para a população em geral, o maior conhecimento na área conduz a melhorias de condições de trabalho, de bem-estar, contribuindo para um ambiente de trabalho mais seguro, principalmente nas tarefas onde os possíveis erros cognitivos podem ocorrer e dar origem a acidentes. Conhecer e quantificar a resposta fisiológica perante diferentes condições de temperatura e humidade e aprofundar as implicações do ambiente térmico ao nível de perceção e comportamento dos indivíduos, poderá ser um benefício para a sociedade em geral na medida em que se traduz na melhoria da produtividade de uma forma segura.

Sem outro assunto, subscrevemo-nos, com os melhores cumprimentos,

Atentamente

Emília Quelhas Costa

Em anexo segue as especificações do equipamento de medição de temperatura interna. Equivital. EQ02 Life Monitor. Sensor Electronics Module (SEM)

---

## ANEXO 2 - CONSENTIMENTO INFORMADO



### DEMSSOEQC / Declaração de Consentimento Informado

---

*(Baseado no anexo A da ISO 12894:2001)*

Nome.....  
.....  
Sexo: M   F   Data de nascimento:.....  
Médico assistente: .....  
Morada.....  
.....

Declaro para os devidos efeitos que:

- 1) Estou disposto a participar como voluntário, num estudo experimental subordinado ao tema:  
**“Influência do Ambiente Térmico na Resposta Cognitiva em Atividades Sedentárias”** a ser conduzido por uma equipa de investigação na Faculdade de Engenharia (FEUP); Faculdade de Medicina (FMUP) e Faculdade de Psicologia (FPCEUP) da Universidade do Porto, no âmbito do Programa Doutoral de Segurança e Saúde Ocupacionais, nas instalações da Faculdade de Engenharia.
- 2) Recebi uma explicação sobre a natureza e a finalidade deste estudo e de quaisquer riscos para a minha saúde que estão previstos e que podem ser:
  - a) Aumento da temperatura interna e da temperatura da pele durante o ensaio;
  - b) Aumento do batimento cardíaco durante o ensaio;
  - c) Eventual dificuldade para deglutir a cápsula,
  - d) Outro qualquer sintoma de stresse por calor que apareça durante o ensaio, como, por exemplo, dores de cabeça, náuseas ou vertigens, deve ser imediatamente comunicado e o ensaio suspenso.
- 3) Concordo em fornecer informações precisas sobre a minha saúde e ser submetido exame médico, se tal for necessário. Concordo que o meu médico de família forneça informações

---

sobre o meu histórico médico para o médico independente autorizado para o estudo. Entendo que todas as informações sobre a minha saúde serão tratadas em sigilo.

- 4) Li os anexos 1, 2 e 3 referentes ao detalhe das atividades a desenvolver, às características das cápsulas e ao critério de exclusão de voluntários, respetivamente.
- 5) Concordo em cooperar plenamente com os investigadores e não tomar qualquer atitude voluntária que possa invalidar os resultados.
- 6) Durante o curso das investigações a que estou agora a dar o meu consentimento, comprometo-me a não participar, como voluntário, em qualquer outro estudo, sem informar previamente os investigadores e obter a sua aprovação.
- 7) Eu sei que sou livre para retirar o meu consentimento de participação no estudo a qualquer momento, sem necessidade de dar uma explicação para a minha decisão.
- 8) Autorizo expressamente que os dados obtidos na minha pessoa sejam utilizados para a produção de artigos técnicos e científicos, sendo garantido sigilo sobre a minha identidade.

Assinatura..... Data.....

### **Declaração do pesquisador.**

No âmbito do estudo descrito acima, expliquei ao Senhor. ...., a natureza e a finalidade do estudo e de eventuais riscos de participação no mesmo. Mais, expliquei que a decisão dos voluntários não afeta o direito à indemnização em caso de doença ou lesão, incluindo riscos que possam ocorrer, ainda que não previstos.

Assinatura..... Data.....

---

## **ANEXO 3 - INFORMAÇÃO DO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO**



### **DEMSSOEQC / Projeto de Investigação**

---

#### **Anexo 1 (do consentimento informado) - Atividades a Desenvolver.**

No âmbito do DemSSO - Doutoramento em Segurança e Saúde Ocupacional, vai realizar-se um projeto de investigação subordinado ao tema: **“Influência do Ambiente Térmico na Resposta Cognitiva em Atividades Sedentárias”**. Este projeto vai ser conduzido por uma equipa de investigação pertencente às Faculdades de Engenharia (FEUP), Medicina (FMUP) e Psicologia (FPCEUP) da Universidade do Porto, no âmbito do Programa Doutoral de Segurança e Saúde Ocupacionais.

O estudo será levado a cabo numa câmara com controlo climático localizada no laboratório F403, no 4º Piso do Edifício F da FEUP. Este laboratório está integrado na Unidade de Investigação de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais (PROA) / LABIOMEPP / CIGAR.

#### **As atividades a desenvolver constam de:**

- 1) Participação em ensaios em ambiente controlado, em tarefas sedentárias a temperaturas entre 16° e 40°C e humidades relativas entre 30% e 90%.
- 2) Medição de parâmetros fisiológicos e cognitivos.

#### **2.1 Parâmetros Fisiológicos:**

- a. Metabolismo, para medição do consumo de oxigénio, através de um espirómetro;
- b. Temperatura da pele, para determinar a termorregulação, através de sensores;
- c. Temperatura interna, para determinar a temperatura gastrointestinal, através de STI - sensores térmicos ingeríveis (anexo 2 do projeto de investigação);
- d. Taxa de Sudação, percentagem de perda de água corporal, através de balança;
- e. Atividade eletrodermal, indicador do estado de emoção, através de EDA;
- f. Atividade elétrica, avalia o esforço mental, através de um EMG;
- g. Sinais cardiovasculares, avalia a frequência e ritmo cardíaco, medido através de um ECG (electrocardiograma);
- h. Alterações da atividade cerebral, avalia o esforço mental, através de EEG (eletroencefalograma);
- i. Alterações da atividade ocular, avalia o movimento ocular, através de EOG (eletrooculograma);

---

**Parâmetros cognitivos:**

- a. Fadiga
- b. Velocidade de reação
- c. Bateria de testes cognitivos permitindo avaliar:
  - i. Aprendizagem e Memória Visual,
  - ii. Percepção,
  - iii. Raciocínio,
  - iv. Estado de Alerta.



---

## **Anexo 2 (do consentimento informado) - Características das Cápsulas**

Os sensores térmicos ingeríveis consistem numa cápsula revestida de plástico médico que após ingerida viaja ao longo do aparelho digestivo, saindo naturalmente dentro de 12 a 48 horas, variando de indivíduo para indivíduo e da dieta.

O plástico da cápsula é de um material biocompatível grau alimentar similar a um dispositivo existente comercialmente disponível com o nome de (Given Imaging M2A Capsule, FDA 510 (k) número K010312 clearance).

De acordo com informação disponível do fornecedor, foi escolhido um policarbonato grau alimentar de acordo com a norma ISO 10993-1 para uso humano com o tempo de contacto do tecido humano de 30 dias ou menos de acordo com American National Standards Institute / NSF International (Ann Arbor, MI) ANSI / NSF 51 para equipamentos para produtos alimentícios na faixa de temperatura de -40 ° F a 212 ° F (informação cedida por Hidalgo - Vital Sense).

O Sensor Térmico Ingerível, tem o tamanho de uma cápsula como a de um medicamento (8,7 mm de diâmetro x 23 mm de comprimento e peso igual a 1,6 gramas) que se engole com água e começa a transmitir, de 15 em 15 segundos, um minuto depois da ativação feita pelo monitor externo.

---

### **Anexo 3 (do consentimento informado) - Critérios de Exclusão de Voluntários**

As cápsulas térmicas ingeríveis não serão usadas em voluntários com:

- História de dificuldade de engolir alimentos ou comprimidos grandes.
- Doença cardiovascular.
- Qualquer doença conhecida ou suspeita obstrutiva do trato gastrointestinal, incluindo mas não limitado a:
  - Estenose de esófago;
  - Diverticulose e doença inflamatória intestinal (DII);
  - Úlcera péptica, doença de Crohn;
  - Colite ulcerativa;
  - Anterior cirurgia gastrointestinal.

Além disso, indivíduos que sofrem de alcoolismo, diabetes mellitus e hipertensão não controlada serão excluídos.

---

## **ANEXO 4 - GUIA DE RECEÇÃO DE VOLUNTÁRIOS**



**DEMSSOEQC/GRV\_001**

---

### **Guia de Receção de Voluntários**

**Estudo da relação entre a resposta fisiológica e a resposta cognitiva sob diferentes condições de temperatura e humidade numa atividade sedentária.**

**Objetivo:** Receber os voluntários e explicar com detalhe todos os passos do ensaio

1. Receber os voluntários no laboratório;
2. Apresentar o organigrama da equipa de investigação;
3. Visita guiada ao Laboratório;
4. Explicar o funcionamento da Câmara Climática;
5. Explicação detalhada do ensaio, assim como objetivo do mesmo;
6. Explicar o que é um Sensor de temperatura da pele;
7. Explicar o que é um Sensor Ingerível;
8. Explicar o que é um EEG;
9. Explicar a importância da medição da tensão arterial;
10. Explicar que vão responder a um questionário de sensação térmica com três questões:
  - a. A questão 1 – determina o voto de sensação na escala ASHRAE, que pode ser comparável diretamente com a medida do Índice de Conforto térmico PMV, tal como descrito na ISO7730:2005. O questionário tem duas questões:
  - b. A questão 2 - reflete a sensação como o voluntário gostaria de se sentir no momento.
  - c. A questão 3 - reflete o “estado de saúde” à saída do ensaio.
11. Explicação da preparação prévia do voluntário:
  - a. Tipo de vestuário que vai usar: calção, Tshirt; chinelos;
  - b. Informar que tem um roupão à disposição para agasalho antes e após terminar os ensaios;
  - c. Cuidados de higiene do corpo e cabeça;
    - i. Importância de trazer o couro cabeludo limpo e sem qualquer vestígio de amaciador, gel ou espuma;
    - ii. Importância de trazer a pele limpa para que os sensores possam aderir à pele o melhor possível;
  - d. Cuidados na alimentação durante os dias dos ensaios assim como os dias antecedentes aos ensaios;
  - e. Descansar convenientemente durante os dias dos ensaios.
12. Apresentar a lista de contactos de emergência;
13. Explicar o procedimento a usar em caso de emergência;
14. Registar os dados do voluntário na base de dados e agendar os ensaios de comum acordo.



---

## ***ANEXO 5 - PROTOCOLO PARA O RECRUTAMENTO DE VOLUNTÁRIOS***

**U. PORTO**

**DEMSSOEQC/PROT-RV 000**

---

### **Protocolo para recrutamento de voluntários**

**Estudo da relação entre a resposta fisiológica e a resposta cognitiva sob diferentes condições de temperatura e humidade numa atividade sedentária.**

**Objetivo:** Recrutar os voluntários de acordo com parâmetros pré determinados e com o objetivo do trabalho

**Introdução:** Pretende-se avaliar, neste projeto, a resposta cognitiva sob diferentes condições de temperatura e humidade em tarefas sedentárias, conhecendo os fatores individuais: antropométricos e fisiológicos. De modo a controlar os fatores que poderiam restringir a tolerância ao calor, e reduzir a variabilidade da amostra, o critério de recrutamento será baseado em fatores individuais que cumpram as seguintes características:

- ser do sexo masculino;
- ser não fumadores;
- ter uma idade compreendida entre os 20 e os 30 anos;
- índice de massa corporal entre 18,5 e 25;
- peso estável nos últimos seis meses;
- consumidores habituais de pequeno-almoço;
- não medicados;
- ter um bom estado geral de saúde;
- sem registo de doenças nos últimos doze meses;
- ser estudantes, numa primeira fase, podendo ser profissionais de outras áreas numa segunda fase de recrutamento;

### **Metodologia:**

1. Reunião com a entidade que disponibiliza uma listagem de voluntários;
2. Explicar o objetivo do ensaio;
3. Explicar os critérios de exclusão;
4. Toda a informação detalhada das características individuais do voluntário ser registada assim como, será realizada uma avaliação médica;
5. Será pedido a cada voluntário para assinar o consentimento informado, onde é confirmado o desejo livre de participar no estudo em causa, após ter sido informado sobre todos os

---

aspectos relevantes à participação no referido estudo, assegurando assim, por um lado a sua decisão de participar e por outro lado, que a pesquisa é consistente com os seus interesses, valores e preferências;

6. Os ensaios serão efetuados de acordo com um calendário estipulado;
7. O tempo total estimado do ensaio será de 2 horas (desde que chegue ao laboratório até que saia);
8. Espera-se que cada voluntário se disponibilize pelo menos para três ensaios nas mesmas condições;
9. Com a finalidade de poder atribuir um diploma, espera-se que cada voluntários use 6 horas em cada condição de temperatura e humidade ou seja no mínimo 30 horas de ensaio;
10. Os critérios de exclusão são:
  - a. Qualquer doença conhecida ou suspeita obstrutiva do trato gastrointestinal, incluindo mas não limitado a:
    - i. Estenose de esófago;
    - ii. Diverticulose e doença inflamatória intestinal (DII);
    - iii. Úlcera péptica, doença de Crohn;
    - iv. Colite ulcerativa;
    - v. Anterior cirurgia gastrointestinal.
  - b. Indivíduos que sofram de alcoolismo;
  - c. Diabetes mellitus;
  - d. Hipertensão.

---

## ANEXO 6 - PROTOCOLO DO ENSAIO PILOTO - INGESTÃO DE CÁPSULAS

**U. PORTO**

DEMSOEQC/PROT\_IC001

---










### Protocolo de Medição da Temperatura Interna

**Estudo da relação entre a resposta fisiológica e a resposta cognitiva sob diferentes condições de ambiente e temperatura numa atividade sedentária.**

**Objetivo:** Monitorizar a temperatura interna do corpo em tempo real com um sensor ingerível de temperatura (*SIT*) designado por “cápsula”.

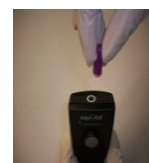
**Nota:** Esta cápsula deve ser ingerida, com supervisão 8 horas antes de iniciarem os ensaios.

#### Material a usar:

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| Computador  | <i>SIT</i> Cápsula Ingerível - <i>Jonah</i>   | Ativador <i>Equivital, Hidalgo</i>  | Cinto Colete <i>Equivital</i>   | SEM - EQO2 <i>LifeMonitor, Equivital</i>  |
|  |  |    |   |  |
| Luvas descartáveis  | Álcool  | Tesoura   | Documentação  |   |
|  |  |  |  |   |

1. Calçar luvas descartáveis,
2. Já com as luvas calçadas esfregar as mãos com álcool,
3. Abrir a embalagem da cápsula com uma tesoura,
4. Retirar na Cápsula da embalagem,
5. Ativar a Cápsula de acordo com o esquema e os seguintes passos:

- a. Alinhar o extremo da lente da cápsula com o ativador, como mostra a figura;



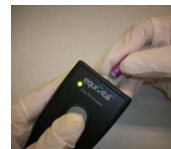
---

b. Tocar com a lente da cápsula na janela do ativador;

---

c. Pressionar a tecla que permite ativar o sensor (situada na parte frontal do dispositivo);

---



d. Aguardar, premindo o botão, até que a luz verde se apague (cerca de 3 segundos);

---

e. Repetir os passos a partir de a) se a ativação falhar, após ter aguardado 1 (um) minuto;

---

6. Ligar o computador, chamar o programa,

7. Verificar se a cápsula está ativada e transmite o sinal de temperatura para o monitor *equivital*,

8. Calibrar a cápsula,

9. Pedir ao voluntário para não ingerir bebidas alcoólicas durante o tempo em que a cápsula permanecer no corpo (tempo médio de dois dias) e assinar um documento a comprovar que não vai ingerir bebidas alcoólicas,

10. Ingerir a cápsula com 250 ml de água.



---

## ANEXO 7- PROTOCOLO DE ENSAIO PILOTO – SENSORES TEMPLUX

**U. PORTO**

DEMSSOEQC/PROT\_TP002rev00











---

### Protocolo de Medição da Temperatura da Pele

**Estudo da relação entre a resposta fisiológica e a resposta cognitiva sob diferentes condições de temperatura e humidade numa atividade sedentária.**

**Objetivo:** Monitorizar a temperatura da pele em diferentes pontos do corpo humano (14 pontos), ao longo do tempo, de acordo com a norma ISO 9886, 2004.

#### Material a usar:

| Computador  | Sensores tempPlux   | Monitor Bio Plux 29  | Monitor Bio Plux37  |
|---|---|--|---|
|   |     |   |   |
| Tesoura   | Álcool  | Algodão  | Luvas descartáveis  |
|  |    |  |  |
| Documentação  | Adesivo   |  |   |
|  |  |  |   |

1. Colocar os sensores da pele, de acordo com a figura nº 1 ; atribuindo cada ponto de medição a um determinado canal dos monitores:

Monitor BioPlux29 ou Monitor BioPlux 37.

Só devem ser usados os dois monitores sempre que se utilizem todos os pontos do corpo e para isso é necessário sincronizar o equipamento.

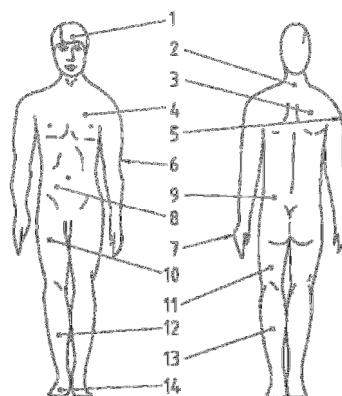


Figura 1 - Local de medição de cada ponto do corpo segundo a norma ISO9886.

Tabela 1- Correspondência de cada ponto a cada parte do corpo, segundo a norma ISO9886

| Ponto | Local   |
|-------|---|
| 1     | Testa   |
| 2     | Pescoço   |
| 3     | Omoplata Direita                                  |
| 4     | Parte superior esquerda do torác                  |
| 5     | Parte superior do braço direito (parte exterior)  |
| 6     | Parte inferior do braço esquerdo (parte interior) |
| 7     | Mão esquerda                                      |
| 8     | Lado direito do abdómen                           |
| 9     | Paravertebral esquerda                            |
| 10    | Parte da frente da coxa direita                   |
| 11    | Região posterior da coxa esquerda                 |
| 12    | Canela da perna direita                           |
| 13    | Gêmeo esquerdo                                    |
| 14    | Peito do pé direito                               |

2. Sincronizar os equipamentos de modo que os dados possam ser recolhidos exatamente à mesma hora.
3. Recolha de dados.

---

## ANEXO 8 - PROTOCOLO DE ENSAIO PILOTO – EEG

**U. PORTO**

DEMSSOEQC/PROT\_EEG006rev00


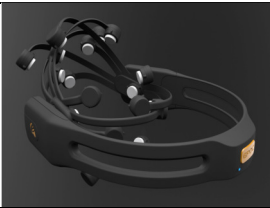
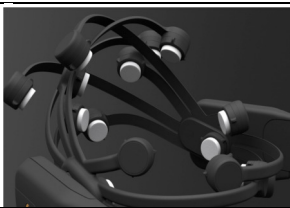




---

### Protocolo de Medição da Atividade Cerebral

**Estudo da relação entre a resposta fisiológica e a resposta cognitiva sob diferentes condições de temperatura e humidade numa atividade sedentária.**

**Objetivo:** Medir a evolução da fadiga mental através da monitorização do padrão da atividade cerebral ao longo do tempo, mediante simulação de diferentes cargas cognitivas em diferentes condições de temperatura e humidade.

#### Material a usar:

| SDK Headset   | 16 canais EEG headset   | Eléktrodos   | Solução salina   |
|---|---|--|--|
|   |   |   |  |
| Wireless packet   | Computador  | The PEBL Psychological Test Battery  |  |
|  |  |  |  |

- 1.Receber os voluntários no laboratório;
- 2.Ler e pedir ao voluntário para assinar o consentimento informado;
- 3.Apresentar a câmara, dando uma breve explicação sobre a mesma;
- 4.Explicar a experiência de forma breve e informar sobre a temperatura à qual vai ser submetido, dando exemplos de situações naturais onde isso ocorre;
- 5.Pedir ao voluntário para trocar de roupa no balneário por uma tshirt e um calção fornecida pelo laboratório e, depois, antes de sair do balneário, vestir um roupão;
- 6.Apresentar o eletroencefalógrafo dando uma breve explicação sobre o mesmo;
- 7.Apresentar a bateria de testes cognitivos e o teor de cada teste a realizar;
- 8.Pedir ao voluntário para entrar na câmara climática.
- 9.Sentar confortavelmente os voluntários diante do computador;
- 10.Reportar a primeira sensação dentro da câmara;
- 11.Confirmar que EEG ficou completamente carregada durante a noite.

12.Preparar os sensores, saturando-os com uma solução salina em cada elétrodo de acordo com a Figura.1 deste anexo. Isto significa saturar o feltro, completamente. É exigido que os feltros devem ficar devidamente humedecidos.

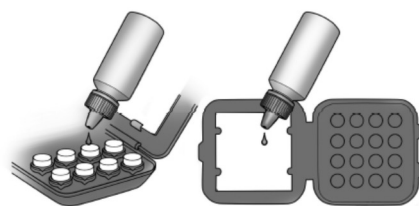



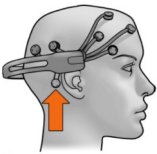
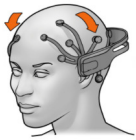
Figura 1 - Hidratação dos sensores

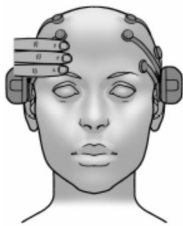
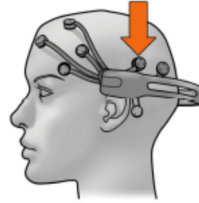
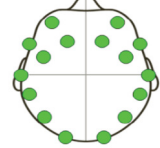
13.Certifique-se de que todos os sensores estão montados no equipamento, tal como ilustra a Figura 2.



Figura 2 Inserir os sensores no equipamento

14.Assegurar que o sensor está em contacto com a cabeça. Tente recolocar o EEG para garantir que o aparelho fique na cabeça com alguma tensão - isso funciona para todos os sensores.

|   |   |
|---|---|
| <p>15.Instalar elétrodos / sensores (<i>head phones</i>), de acordo, com posições padrão: parietal temporal e frontal, tal como demonstrado na Figura nº 3.</p> |  <p>Figura 3</p> |
| <p>16.Ajustar o head set de modo que dois dos elétrodos fiquem ajustados na zona dos mastóides, assinalado pela seta laranja da Figura nº4.</p>                 |  <p>Figura 4</p> |
| <p>17.Pressionar os elétrodos na região das têmporas tal como refere as setas cor de laranja da Figura 5.</p>   |  <p>Figura 5</p> |

|  |   |
|--|---|
| <p>18.Os dois sensores frontais devem estar aproximadamente três dedos acima da sobrancelha, tal como demonstra a Figura 6.</p>  |  <p>Figura 6</p> |
| <p>19.Após o equipamento estar devidamente colocado, pressionar os dois elétrodos de referência, colocados atrás das orelhas cerca de 5-10 segundos, tal como demonstra a figura 7. Um bom contacto dos sensores de referência, são a chave de um bom sinal.</p> |  <p>Figura 7</p> |
| <p>20.Ajustar a posição geral mexendo um pouco a cabeça até que na imagem do monitor do computador apareça tudo a verde, tal como na Figura 8.</p>   |  <p>Figura 8</p> |

21.Atribuir um identificador a cada voluntário, preenchendo o quadro, tal como ilustra a Figura 9:

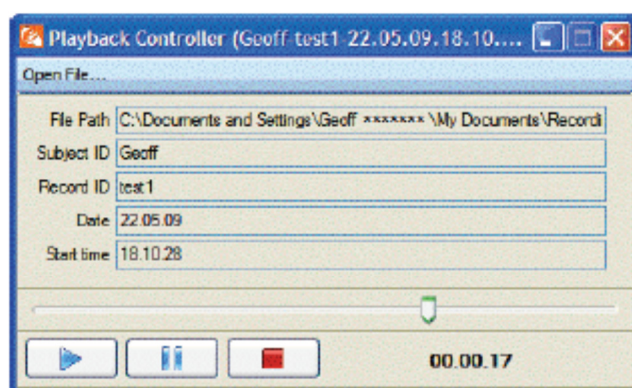


Figura 9 - Quadro de arquivo de ensaio

22.Verificar e registar na ficha individual de ensaios FIE nº 1,os seguintes dados:

- Nome do voluntário;
- Identificador de cada voluntário.

23.Durante o primeiro período de tempo é pedido para que se sentem com os olhos abertos, relaxar o melhor possível e evitar sempre que possível piscar os olhos;


24.Após estar sentado confortavelmente, deve ler a bateria de testes cognitivos e reportar a primeira sensação térmica, com a ajuda do “Questionário de Sensação Térmica” que lhe foi distribuído;

- 
25. Após concluído, o questionário, informe através de um sinal de aprovação ou concordância, previamente acordado com o técnico que está a acompanhar o ensaio antes de iniciar o mesmo;
  26. Iniciar a primeira tarefa cognitiva – atenção e inibição comportamental - (10 min);
  27. Iniciar a segunda tarefa cognitiva – memória a curto prazo - (20 min);
  28. Iniciar a terceira tarefa cognitiva – alerta situacional - (22 min);
  29. Iniciar a terceira tarefa simples de tempo de reação (4 min);
  30. Descansar 10 minutos e ao mesmo tempo reportar a sensação de cansaço;
  31. Terminar a sessão ao fim de 1 hora;
  32. Desligar o equipamento;
  33. Retirar os elétrodos e armazenar na caixa original;
  34. Limpar o equipamento com um pano embebido em água com algumas gotas de álcool e secar o equipamento.

Protocolo baseado em Zoly J. K. & Pierre. F.H. (1981) e Informação do Emotiv EEG

## ***ANEXO 9 - FICHA DE ENSAIO***

### Plano de Ensaio Ambiente Térmico

|  |  |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|--|--|--|-----------------------------|------------|-------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|
| <br>Universidade do Porto<br>Faculdade de Engenharia<br><b>FEUP</b> |  | Nome: _____<br>_____<br>_____ Leu                    |                             |            |                   | Data:.....            |                            | Ensaio nº:.....            |                              |                    |                     |
|  |  | o regulamento, concordou e assinou<br>_____<br>_____ |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
| I<br><br>P<br><br>A<br><br>R<br><br>T<br><br>E   | Data de nascimento: .....                  | Metabolismo Basal                                    |                             | H(45)      | M(40)             | Actividade            | Sedentária ( 70 W/m²)      | Pessoa não aclimatada      |                              |                    |                     |
|  | Idade                                      | Género   |                             | F          | M                 | Postura               | Sentado                    | IMC FIXO - ENTRE 18,5 E 25 |                              |                    |                     |
|  | Profissão:.....                            | PARÂM. AMB. CÂMARA CLIM.                             |                             |            | PARÂM INDIVIDUAIS |                       | PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS |                            |                              |                    |                     |
|  |  | Temp(°C)   | Hr (%)                      | V ar (m/s) | Tg( °C)           | Tx Metabolismo (W/m²) | Vestuário                  | ALTURA                     | PESO INICIAL                 | PESO FINAL         | IMC= Peso/ (Alt)³·2 |
|  | Cápsula n.º,                               |  |                             | O          |                   | 70                    | t.shirt + calção           |                            |                              |                    |                     |
| I<br><br>I<br><br>P<br><br>A<br><br>R<br><br>T<br><br>E  |  |  | MECANISMOS TERMOREGULADORES |            |                   |                       |                            |                            | Avaliação Subjetiva          |                    |                     |
|  |  |  | Indicadores Fisiológicos    |            |                   |                       |                            |                            | Bateria de testes Cognitivos | Questionários      |                     |
|  | DATA:.....                                 | Hora   | Freq. Card.                 | Temp Pele  | Core T.           | EEG                   | ECG                        | Gonogo                     | Sens.Térmica Inicial         | Sens.Térmica Final |                     |
|  | Observações:                               |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Ligar Plux                                 |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Ligar e gravar EEG                         |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Gravar Plux no final                       |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Perguntas ao voluntário                    |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Dormiu bem                                 |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Bebeu álcool nas 12 h anteriores ao ensaio |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Bebeu café nas 12 h anteriores ao ensaio   |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Tomou algum medicamento                    |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Outras observações                         |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  |  |  |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Tempo Total de Ensaio                      | 1 Hora   |                             |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |
|  | Outros Dados                               | CO2 Inicial:.....                                    | CO2 Final: .....            |            |                   |                       |                            |                            |                              |                    |                     |





---

## ANEXO 10 - QUESTIONÁRIO DE SENSÇÃO TÉRMICA

**U. PORTO**

### ENSAIO PILOTO - Questionário de Sensação Térmica<sup>14</sup>

---

Nome: .....

Data de nascimento:.....Sexo.....Data:.....

Ensaio nº:.....

Por favor responda às seguintes perguntas relativamente ao seu Conforto Térmico no início do ensaio e no final do ensaio.

---

#### Início do ensaio ao entrar na câmara climática

---

1. Indique na escala como se sentiu no momento de entrar na câmara.

HORA:.....

|          |                     |  |
|----------|---------------------|--|
| SENSAÇÃO | Quente              |  |
|          | Morno               |  |
|          | Ligeiramente Morno  |  |
|          | Neutro              |  |
|          | Ligeiramente Fresco |  |
|          | Fresco              |  |
|          | Frio                |  |

2. Como gostaria de estar agora? Assinale a sua resposta com um X:

| + Quente | Neutro | + Fresco |
|----------|--------|----------|
|----------|--------|----------|

3. Se sentiu algum dos sintomas abaixo mencionados assinale com um X:

|            |       |         |          |           |           |         |        |                             |              |        |
|------------|-------|---------|----------|-----------|-----------|---------|--------|-----------------------------|--------------|--------|
| Sonolência | Enjoo | Vómitos | Tonturas | Calafrios | Ansiedade | Cansaço | Apatia | Perda de coordenação motora | Outro, Qual? | Nenhum |
|            |       |         |          |           |           |         |        |                             |              |        |

---

<sup>14</sup> Adaptado da Norma ISO10551:1995



---

---

### Preencher no Final do Ensaio – Após 1 hora

---

1. Indique na escala como se sente no final do ensaio, antes de abandonar a câmara.

HORA:.....

|          |                     |  |
|----------|---------------------|--|
| SENSAÇÃO | Quente              |  |
|          | Morno               |  |
|          | Ligeiramente Morno  |  |
|          | Neutro              |  |
|          | Ligeiramente Fresco |  |
|          | Fresco              |  |
|          | Frio                |  |

2. Como gostaria de estar agora? Assinale a sua resposta com um X,:

|                 |               |                 |
|-----------------|---------------|-----------------|
| <b>+ Quente</b> | <b>Neutro</b> | <b>+ Fresco</b> |
|-----------------|---------------|-----------------|

3. Se sentiu algum dos sintomas abaixo mencionados assinale com um X:

|            |       |         |          |           |           |         |        |                             |              |        |
|------------|-------|---------|----------|-----------|-----------|---------|--------|-----------------------------|--------------|--------|
| Sonolência | Enjoo | Vômitos | Tonturas | Calafrios | Ansiedade | Cansaço | Apatia | Perda de coordenação motora | Outro, Qual? | Nenhum |
|            |       |         |          |           |           |         |        |                             |              |        |








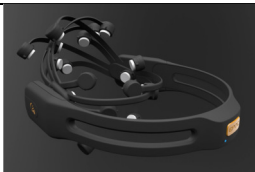



---

## ANEXO 11 - PROTOCOLO GERAL DO TESTE PILOTO

### Estudo da relação entre a resposta fisiológica e a resposta cognitiva sob diferentes condições de temperatura e humidade numa atividade sedentária

**Objetivo:** Simular e registar, em simultâneo, dados relativos à evolução da resposta fisiológica e cognitiva de uma atividade sedentária ao longo do tempo (01H00), dentro de uma câmara climática a diferentes condições de temperatura e humidade.

#### Material a usar: Equipamentos

| Computador  | Câmara  | Sensor Ingerível Temp Interna e equipamento  | Sensores da temperatura da pele tempPlux  |
|---|---|--|---|
|    |    | <br> |    |
| Eletroencefalografia EEG  | Questionários   | Bateria de testes  | Balança   |
|  |  | PEBL: The Psychology Experiment Building Language<br>                                |  |

Apresentação do laboratório e explicação dos ensaios de acordo com o Guião de Receção (o voluntário não deve fazer ensaios no primeiro dia em que visita o laboratório).

1. Ligar o computador;
2. Receber o voluntário no laboratório;
3. Questionar o voluntário sobre qualquer dúvida relativa ao ensaio;
4. Leitura e assinatura do consentimento informado, se for a primeira vez que o voluntário comparece para ensaio;
5. Registo pelo técnico /investigador na ficha individual de ensaios (FIE nº 1) da temperatura e da humidade no laboratório e no interior da câmara, enquanto o voluntário lê o CI e/ou se prepara para o ensaio;
6. Registar na FIE nº1 o peso do voluntário, após este ter subido lentamente para a plataforma da balança, onde deve colocar-se em pé, de frente para o avaliador que se encontra de frente para a balança;
7. Registar, na FIE nº1, a estatura. O Voluntário deve colocar-se em pé, de costas para o avaliador, onde as costas, cabeça, as nádegas, as pernas e os calcanhares devem estar encostados à régua da balança;
8. Se o ensaio necessitar de medição de temperatura interna, ativar o Protocolo **Ingestão de cápsulas**;

- 
9. Colocar os sensores da pele de acordo com o Protocolo – **Sensores temPlux**;
  10. Instalação do voluntário na câmara;
  11. Colocar os sensores para medir a atividade cognitiva de acordo com o Protocolo – **EEG**;
  12. Pedir para estar o mais tranquilo possível e sem mexer muito a cabeça;
  13. Preencher o questionário de sensação térmica antes do início dos testes cognitivos;
  14. Iniciar o ensaio que deve demorar aproximadamente uma hora, começando pelo lançamento aleatoriamente da bateria de testes cognitivos;
  15. Preencher novamente (informaticamente) o questionário de sensação térmica no final do ensaio, após terminar a última bateria de testes;
  16. Finalizar o ensaio após o tempo estipulado, de acordo com as etapas estipuladas no protocolo de atividade sedentária;
  17. Retirar a braçadeira do medidor de tensão;
  18. Desligar e retirar o eletroencefalograma (EEG) da cabeça do voluntário;
  19. Sair da câmara;
  20. Após a saída, o voluntário deve aguardar, pelo menos, 10 minutos no exterior da câmara, para estabilizar a temperatura do corpo, agasalhando-se com um roupão;
  21. Retirar os restantes sensores colocados na pele pela seguinte ordem:
    - a. SEM equivital (se aplicável);
    - b. ECG (se aplicável);
    - c. Sensores de temperatura TempPlux;
  22. Pesquisar novamente o voluntário e registar o valor na (FIE nº1)
  23. Recolher a bateria de testes;
  24. Verificar se os dados foram armazenados de acordo com a seguinte lista de verificação:
    - a. Câmara
    - b. BioPlux Nº 29
    - c. BioPlux Nº 37
    - d. Equivital
    - e. EEG
    - f. MTensão (se aplicável)
    - g. Bateria de testes
    - h. Questionário Sensação Térmica
    - i. Dados antropométricos
  25. Recolha de dados e registar de acordo com o protocolo específico.





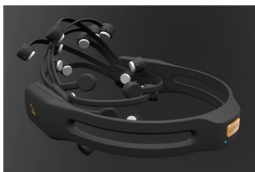



---

## ANEXO 12 - PROTOCOLO GERAL DO ENSAIO FINAL

### Estudo da relação entre a resposta fisiológica e a resposta cognitiva sob diferentes condições de temperatura e humidade numa atividade sedentária

**Objetivo:** Simular e registar, em simultâneo, dados relativos à evolução da resposta fisiológica e cognitiva de uma atividade sedentária ao longo do tempo (01H00), dentro de uma câmara climática a diferentes condições de temperatura e humidade, após um período de 20 min de estabilização da temperatura da pele.

#### Material a usar: Equipamentos

| Computador  | Câmara   | Sensor Ingerível Temp Interna e equipamento  | Sensores da temperatura da pele tempPlux  |
|---|--|--|---|
|    |    |   |    |
| Eletroencefalografia EEG  | Bateria de testes  | Questionários  | Balança   |
|  | PEBL: The Psychology Experiment Building Language<br> |  |  |

Apresentação do laboratório e explicação dos ensaios de acordo com o Guião de Receção (o voluntário não deve fazer ensaios no primeiro dia em que visita o laboratório).

1. Ligar o computador;
2. Receber o voluntário no laboratório;
3. Questionar o voluntário sobre qualquer dúvida relativa ao ensaio;
4. Leitura e assinatura do consentimento informado, se for a primeira vez que o voluntário comparece para ensaio;
5. Registo pelo técnico /investigador na Ficha Individual de Ensaio (FIE nº 1) da temperatura e da humidade no laboratório e no interior da câmara, enquanto o voluntário lê o CI e/ou se prepara para o ensaio;
6. Registar na FIE nº1 o peso do voluntário, após este ter subido lentamente para a plataforma da balança, onde deve colocar-se em pé, de frente para o avaliador que se encontra de frente para a balança;
  6. Registar, na FIE nº1, a estatura. O Voluntário deve colocar-se em pé, de costas para o avaliador, onde as costas, cabeça, as nádegas, as pernas e os calcanhares devem estar encostados à régua da balança;

- 
7. Se o ensaio necessitar de medição de temperatura interna, ativar o Protocolo – **Ingestão de cápsulas**;
  8. Colocar os sensores da pele de acordo com o Protocolo - **Sensores temPlux**;
  9. Permanecer vinte minutos (20 min) em repouso, numa posição sentada, antes de entrar na câmara, numa temperatura constante;
  10. Instalação do voluntário na câmara;
  11. Colocar os sensores para medir a atividade cognitiva de acordo com o Protocolo – **EEG**;
  12. Pedir para estar o mais tranquilo possível e sem mexer muito a cabeça;
  13. Preencher o questionário de sensação térmica antes do início dos testes cognitivos;
  14. Iniciar o ensaio “GONOGO” que deve demorar aproximadamente uma hora;
  15. Preencher novamente o questionário de sensação térmica no final do ensaio;
  16. Finalizar o ensaio após o tempo estipulado, de acordo com as etapas estipuladas no protocolo de atividade sedentária;
  17. Desligar e retirar o eletroencefalograma (EEG) da cabeça do voluntário;
  18. Sair da câmara;
  19. Após a saída, o voluntário deve aguardar, pelo menos, 10 minutos no exterior da câmara, para estabilizar a temperatura do corpo, agasalhando-se com um roupão;
  20. Retirar os restantes sensores colocados na pele pela seguinte ordem:
    - a. SEM equivital (se aplicável);
    - b. Sensores de temperatura TempPlux.
  21. Pesquisar novamente o voluntário e registar o valor na (FIE nº1);
  22. Recolher a bateria de testes;
  23. Verificar se os dados foram armazenados de acordo com a seguinte lista de verificação:
    - a. Câmara
    - b. BioPlux Nº 29
    - c. Equivital
    - d. EEG
    - e. Bateria de testes
    - f. Questionário Sensação Térmica
    - g. Dados antropométricos
  24. Recolha de dados e registar de acordo com o protocolo específico.



---

## ***ANEXO 13 - EXEMPLOS DE SAÍDA DE DADOS EQUIVITAL***

Tabela 1 - Exemplo de saída dos dados no equipamento Equivital a 32°C \_30%HR

| <b>Data e Hora</b>      | <b>Identificação da cápsula</b> | <b>Temp Interna</b> | <b>Postura</b> | <b>Movimento</b> | <b>Temp da Pele</b> |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------|------------------|---------------------|
| 01-05-2012 09:01:01.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.3                |
| 01-05-2012 09:01:06.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.3                |
| 01-05-2012 09:01:11.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.4                |
| 01-05-2012 09:01:16.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.4                |
| 01-05-2012 09:01:21.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.4                |
| 01-05-2012 09:01:26.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.4                |
| 01-05-2012 09:01:31.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.4                |
| 01-05-2012 09:01:36.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.4                |
| 01-05-2012 09:01:41.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.5                |
| 01-05-2012 09:01:46.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.5                |
| 01-05-2012 09:01:51.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.5                |
| 01-05-2012 09:01:56.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.5                |
| 01-05-2012 09:02:01.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.5                |
| 01-05-2012 09:02:06.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.5                |
| 01-05-2012 09:02:11.848 | 2829                            | 36.85               | Upright        | Stationary       | 32.5                |
| 01-05-2012 09:02:16.848 | 2829                            | 36.84               | Upright        | Stationary       | 32.5                |
| 01-05-2012 09:02:21.848 | 2829                            | 36.84               | Upright        | Stationary       | 32.5                |
| 01-05-2012 09:02:26.848 | 2829                            | 36.84               | Upright        | Stationary       | 32.6                |
| 01-05-2012 09:02:31.848 | 2829                            | 36.84               | Upright        | Stationary       | 32.6                |
| 01-05-2012 09:02:36.848 | 2829                            | 36.84               | Upright        | Stationary       | 32.6                |
| 01-05-2012 09:02:41.848 | 2829                            | 36.84               | Upright        | Stationary       | 32.7                |
| 01-05-2012 09:02:46.848 | 2829                            | 36.84               | Upright        | Stationary       | 32.7                |
| 01-05-2012 09:02:51.848 | 2829                            | 36.83               | Upright        | Stationary       | 32.7                |
| 01-05-2012 09:02:56.848 | 2829                            | 36.83               | Upright        | Stationary       | 32.7                |
| 01-05-2012 09:03:01.848 | 2829                            | 36.83               | Upright        | Stationary       | 32.7                |
| 01-05-2012 09:03:06.848 | 2829                            | 36.83               | Upright        | Stationary       | 32.7                |
| 01-05-2012 09:03:11.848 | 2829                            | 36.83               | Upright        | Stationary       | 32.8                |
| 01-05-2012 09:03:16.848 | 2829                            | 36.82               | Upright        | Stationary       | 32.8                |
| 01-05-2012 09:03:21.848 | 2829                            | 36.82               | Upright        | Stationary       | 32.8                |
| 01-05-2012 09:03:26.848 | 2829                            | 36.81               | Upright        | Stationary       | 32.9                |
| 01-05-2012 09:03:31.848 | 2829                            | 36.81               | Upright        | Stationary       | 32.9                |
| 01-05-2012 09:03:36.848 | 2829                            | 36.81               | Upright        | Stationary       | 32.9                |
| 01-05-2012 09:03:41.848 | 2829                            | 36.81               | Upright        | Stationary       | 33,00               |
| 01-05-2012 09:03:46.848 | 2829                            | 36.8                | Upright        | Stationary       | 33,00               |
| 01-05-2012 09:03:51.848 | 2829                            | 36.8                | Upright        | Stationary       | 33,00               |
| 01-05-2012 09:03:56.848 | 2829                            | 36.8                | Upright        | Stationary       | 33,00               |

Tabela 2 - Exemplo da saída de dados da temperatura interna e pele do Equivital numa condição ambiental de 32°C 30%HR, ensaio realizado a 1 de maio 2012\_ RV

| Temperatura e Humidade da<br>Câmara Climática | Hora    | Segundo | Temperatura Interna<br>RV* | Temperatura da Pele<br>RV* |
|---|---------|---------|----------------------------|----------------------------|
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:02 | 0:00:55 | 36,85                      | 32,30                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:07 | 0:01:00 | 36,85                      | 32,30                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:12 | 0:01:05 | 36,85                      | 32,40                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:17 | 0:01:10 | 36,85                      | 32,40                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:22 | 0:01:15 | 36,85                      | 32,40                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:27 | 0:01:20 | 36,85                      | 32,40                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:32 | 0:01:25 | 36,85                      | 32,40                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:37 | 0:01:30 | 36,85                      | 32,40                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:42 | 0:01:35 | 36,85                      | 32,50                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:47 | 0:01:40 | 36,85                      | 32,50                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:52 | 0:01:45 | 36,85                      | 32,50                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:01:57 | 0:01:50 | 36,85                      | 32,50                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:02 | 0:01:55 | 36,85                      | 32,50                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:07 | 0:02:00 | 36,85                      | 32,50                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:12 | 0:02:05 | 36,85                      | 32,50                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:17 | 0:02:10 | 36,84                      | 32,50                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:22 | 0:02:15 | 36,84                      | 32,50                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:27 | 0:02:20 | 36,84                      | 32,60                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:32 | 0:02:25 | 36,84                      | 32,60                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:37 | 0:02:30 | 36,84                      | 32,60                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:42 | 0:02:35 | 36,84                      | 32,70                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:47 | 0:02:40 | 36,84                      | 32,70                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:52 | 0:02:45 | 36,83                      | 32,70                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:02:57 | 0:02:50 | 36,83                      | 32,70                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:03:02 | 0:02:55 | 36,83                      | 32,70                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:03:07 | 0:03:00 | 36,83                      | 32,70                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:03:12 | 0:03:05 | 36,83                      | 32,80                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:03:17 | 0:03:10 | 36,82                      | 32,80                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:03:22 | 0:03:15 | 36,82                      | 32,80                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:03:27 | 0:03:20 | 36,81                      | 32,90                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:03:32 | 0:03:25 | 36,81                      | 32,90                      |
| 32°C_30%HR                                    | 9:03:37 | 0:03:30 | 36,81                      | 32,90                      |

\*RV\_Código do voluntário

Tabela 3 - Ensaio efetuado a 26 de maio 2012, condições ambientais 40°C 30%HR

| <b>Data Hora</b>        | <b>Identificação da Cápsula</b> | <b>Temperatura Interna</b> | <b>Postura</b> | <b>Movimento</b> | <b>Temperatura da Pele</b> |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------|------------------|----------------------------|
| 26-05-2012 17:19:55.820 | 2825                            | 37.02                      | Upright        | Stationary       | 34                         |
| 26-05-2012 17:20:00.820 | 2825                            | 37.02                      | Upright        | Stationary       | 34                         |
| 26-05-2012 17:20:05.820 | 2825                            | 37.01                      | Upright        | Stationary       | 34                         |
| 26-05-2012 17:20:10.820 | 2825                            | 37.01                      | Upright        | Stationary       | 34                         |
| 26-05-2012 17:20:15.820 | 2825                            | 37.02                      | Upright        | Stationary       | 34                         |
| 26-05-2012 17:20:20.820 | 2825                            | 37.02                      | Upright        | Stationary       | 34                         |
| 26-05-2012 17:20:25.820 | 2825                            | 37.02                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.1                       |
| 26-05-2012 17:20:30.820 | 2825                            | 37.02                      | Upright        | Stationary       | 34.1                       |
| 26-05-2012 17:20:35.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.1                       |
| 26-05-2012 17:20:40.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.1                       |
| 26-05-2012 17:20:45.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.1                       |
| 26-05-2012 17:20:50.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | Stationary       | 34.1                       |
| 26-05-2012 17:20:55.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.2                       |
| 26-05-2012 17:21:00.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.2                       |
| 26-05-2012 17:21:05.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.2                       |
| 26-05-2012 17:21:10.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.2                       |
| 26-05-2012 17:21:15.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.2                       |
| 26-05-2012 17:21:20.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.2                       |
| 26-05-2012 17:21:25.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.2                       |
| 26-05-2012 17:21:30.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.2                       |
| 26-05-2012 17:21:35.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.2                       |
| 26-05-2012 17:21:40.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.3                       |
| 26-05-2012 17:21:45.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.3                       |
| 26-05-2012 17:21:50.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | MovingSlowly     | 34.3                       |
| 26-05-2012 17:21:55.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.4                       |
| 26-05-2012 17:22:00.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.4                       |
| 26-05-2012 17:22:05.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.4                       |
| 26-05-2012 17:22:10.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.5                       |
| 26-05-2012 17:22:15.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.5                       |
| 26-05-2012 17:22:20.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.5                       |
| 26-05-2012 17:22:25.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.5                       |
| 26-05-2012 17:22:30.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.5                       |
| 26-05-2012 17:22:35.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.5                       |
| 26-05-2012 17:22:40.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.7                       |
| 26-05-2012 17:22:45.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.7                       |
| 26-05-2012 17:22:50.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.7                       |
| 26-05-2012 17:22:55.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | Stationary       | 34.7                       |
| 26-05-2012 17:23:00.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | Stationary       | 34.7                       |
| 26-05-2012 17:23:05.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | Stationary       | 34.7                       |
| 26-05-2012 17:23:10.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.9                       |

| <b>Data Hora</b>        | <b>Identificação da Cápsula</b> | <b>Temperatura Interna</b> | <b>Postura</b> | <b>Movimento</b> | <b>Temperatura da Pele</b> |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------|------------------|----------------------------|
| 26-05-2012 17:23:15.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.9                       |
| 26-05-2012 17:23:20.820 | 2825                            | 37.04                      | Upright        | Stationary       | 34.9                       |
| 26-05-2012 17:23:25.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | Stationary       | 35                         |
| 26-05-2012 17:23:30.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | Stationary       | 35                         |
| 26-05-2012 17:23:35.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | Stationary       | 35                         |
| 26-05-2012 17:23:40.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | Stationary       | 35.1                       |
| 26-05-2012 17:23:45.820 | 2825                            | 37.03                      | Upright        | Stationary       | 35.1                       |

No final dos ensaios após 2 horas o comportamento foi o que consta da Tabela 4.

Tabela 4 - Ensaio efetuado a 26 de maio 2012, condições ambientais 40°C \_30%HR

| <b>Data Hora</b>        | <b>Identificação da Cápsula</b> | <b>Temperatura Interna</b> | <b>Postura</b> | <b>Movimento</b> | <b>Temperatura da Pele</b> |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------|------------------|----------------------------|
| 26-05-2012 19:19:05.820 | 2825                            | 37.54                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:19:10.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 39.9                       |
| 26-05-2012 19:19:15.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 39.9                       |
| 26-05-2012 19:19:20.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | MovingSlowly     | 39.9                       |
| 26-05-2012 19:19:25.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:19:30.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:19:35.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:19:40.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:19:45.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:19:50.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:19:55.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:00.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:05.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:10.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:15.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:20.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:25.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:30.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:35.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:40.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:45.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:50.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:20:55.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:00.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:05.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:10.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:15.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:20.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:25.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:30.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |

| <b>Data Hora</b>        | <b>Identificação da Cápsula</b> | <b>Temperatura Interna</b> | <b>Postura</b> | <b>Movimento</b> | <b>Temperatura da Pele</b> |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------|------------------|----------------------------|
| 26-05-2012 19:21:35.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:40.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:45.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:50.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:21:55.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:00.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:05.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:10.820 | 2825                            | 37.56                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:15.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:20.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:25.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:30.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:35.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:40.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:45.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:50.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:22:55.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:00.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:05.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:10.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:15.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:20.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:25.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:30.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:35.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:40.820 | 2825                            | 37.54                      | Upright        | Stationary       | 40                         |
| 26-05-2012 19:23:45.820 | 2825                            | 37.54                      | Upright        | MovingSlowly     | 40                         |

Pela Tabela 5 verifica-se que a temperatura da pele subiu para um valor próximo da temperatura no interior da câmara, ou seja 40°C, não tendo ultrapassado esse valor.

Tabela 5 - Os primeiros 2 minutos com atividade física a 40°C \_30%HR

| <b>Data Hora</b>        | <b>Identificação da Cápsula</b> | <b>Temperatura Interna</b> | <b>Postura</b> | <b>Movimento</b> | <b>Temperatura da Pele</b> |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------|------------------|----------------------------|
| 26-05-2012 19:24:15.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | MovingFast       | 40                         |
| 26-05-2012 19:24:20.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | MovingFast       | 40                         |
| 26-05-2012 19:24:25.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | MovingFast       | 40                         |
| 26-05-2012 19:24:30.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | MovingFast       | 40                         |
| 26-05-2012 19:24:35.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | MovingFast       | 40                         |
| 26-05-2012 19:24:40.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | MovingFast       | 40                         |
| 26-05-2012 19:24:45.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | MovingFast       | 40                         |
| 26-05-2012 19:24:50.820 | 2825                            | 37.55                      | Upright        | MovingFast       | 40                         |

---

|                         |      |       |         |            |      |
|-------------------------|------|-------|---------|------------|------|
| 26-05-2012 19:24:55.820 | 2825 | 37.55 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:00.820 | 2825 | 37.55 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:05.820 | 2825 | 37.55 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:10.820 | 2825 | 37.55 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:15.820 | 2825 | 37.55 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:20.820 | 2825 | 37.55 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:25.820 | 2825 | 37.55 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:30.820 | 2825 | 37.55 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:35.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:40.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:45.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:50.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.9 |
| 26-05-2012 19:25:55.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.8 |
| 26-05-2012 19:26:00.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.8 |
| 26-05-2012 19:26:05.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.8 |
| 26-05-2012 19:26:10.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.8 |
| 26-05-2012 19:26:15.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.8 |
| 26-05-2012 19:26:20.820 | 2825 | 37.56 | Upright | MovingFast | 39.8 |
| 26-05-2012 19:26:25.820 | 2825 | 37.57 | Upright | MovingFast | 39.8 |
| 26-05-2012 19:26:30.820 | 2825 | 37.57 | Upright | MovingFast | 39.8 |

---

Após algum esforço físico os resultados foram os que constam na Tabela 6:

Tabela 6 - Valores dos últimos 5 minutos após exercício físico

| <b>Data Hora</b>        | <b>Identificação da Cápsula</b> | <b>Temperatura Interna</b> | <b>Postura</b> | <b>Movimento</b> | <b>Temperatura da Pele</b> |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------|------------------|----------------------------|
| 26-05-2012 19:48:05.820 | 2825                            | 38.18                      | Upright        | Stationary       | 36.8                       |
| 26-05-2012 19:48:10.820 | 2825                            | 38.18                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:48:15.820 | 2825                            | 38.18                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:48:20.820 | 2825                            | 38.18                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:48:25.820 | 2825                            | 38.18                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:48:30.820 | 2825                            | 38.18                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:48:35.820 | 2825                            | 38.17                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:48:40.820 | 2825                            | 38.17                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:48:45.820 | 2825                            | 38.17                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:48:50.820 | 2825                            | 38.17                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:48:55.820 | 2825                            | 38.17                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:49:00.820 | 2825                            | 38.17                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:49:05.820 | 2825                            | 38.17                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |
| 26-05-2012 19:49:10.820 | 2825                            | 38.17                      | Upright        | Stationary       | 36.7                       |

---

## ***ANEXO 14 - PROTOCOLO PARA CONVERSÃO DA TEMPERATURA DA PELE***

Tabela 1 - Código para conversão da temperatura da pele

```
%% Importar ficheiro txt para matlab

prompt = 'Nome do ficheiro...';

file = input(prompt, 's');

fileID = fopen(file);

numch = 0;

while (numch ~= 1) && (numch ~= 2)

    prompt2 = 'Nº de Dispositivos (1 ou 2)...';

    numch = input(prompt2);

end

if numch == 1

    formatSpec = '%d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d';

else

    formatSpec = '%d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d';

end

date = textscan(fileID, '%s %s %s %s', 1, 'HeaderLines', 2);

fr = textscan(fileID, '%s %s %d', 1, 'HeaderLines', 1);

nrep = fr{3}*60; %passo de tempo = fr*nº de segundos do passo (para min*60)

A1 = textscan(fileID, formatSpec, 'HeaderLines', 5);

%% Construção da Matriz de Temperaturas

if numch == 1

    TempMatrix = [A1{4}, A1{5}, A1{6}, A1{7}, A1{8}, A1{9}, A1{10}, A1{11}];

    ch=8;
```

```

else

    TempMatrix =
[A1{4},A1{5},A1{6},A1{7},A1{8},A1{9},A1{10},A1{11},A1{15},A1{16},A1{17},A1{18},A1
{19},A1{20},A1{21},A1{22}];

    ch=16;
end

fclose(fileID);

%clear A1;

%% Eliminação das linhas

T=floor(length(TempMatrix)/nrep);
Temp=zeros(T,ch);

[r,c]=size(Temp);

k=1;
for n = 1:r
    Temp(n,:)=TempMatrix(k,:);
    k=k+nrep;  %(fr para o tempo estipulado na Linha 26)
end

clear TempMatrix;

%% Conversão de tensão (mv)em temperatura (°C)

a0 = 1.12764514 * 10 ^ (-3);
a1 = 2.34282709 * 10 ^ (-4);
a2 = 8.77303013 * 10 ^ (-8);

for p = 1 : r;
    for j = 1:c;
Vout = ( Temp(p,j) * 5) / 4096;

    Rntc = (10 ^ 4 * Vout / (5 - Vout));

Temp_Kelvin = 1 / (a0 + a1 * log(Rntc) + a2 * log(Rntc)^3);

```



---

```

Temp_Celsius = Temp_Kelvin - 273.15;

Temp(p,j) = Temp_Celsius;

    end;

end;

Temp = num2cell(Temp);

%% Transformação do sinal elétrico em seg

time = cell(r,1);

date1=datestr(datenum(date{3}));

date2 = datestr(datenum(date{4}), 'HH:MM:SS');

start = strcat(date1, '_', date2);

time(1) = cellstr(datestr(start, 'dd-mm-yyyy HH:MM:SS'));

for t = 1:r-1

    d = addtodate(datenum(time(t), 'dd-mm-yyyy HH:MM:SS'), 1, 'minute');

    time(t+1) = cellstr(datestr(d, 'dd-mm-yyyy HH:MM:SS'));

end

%% Exportação de Dados

SkTemp = [time,Temp];

clear Temp time

index = 1:1:c;

Header = cell(1,c+1);

%%

for e = 1:c

    Header(e+1) = cellstr(['Sk_', num2str(index(e))]);

end

Header(1) = cellstr('Date/Time');

```

---

---

```
Sk_data = vertcat(Header,SkTemp);

clear Header SkTemp

prompt3 = 'Nome do ficheiro...';

filename = input(prompt3,'s');

[status,message] = xlswrite(filename,Sk_data);

status
message

clear;
```

---

## ***ANEXO 15 - PROTOCOLO PARA TRATAMIENTO DE SINAL - CÓDIGO EEG***

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%Usage:

%%      -run autoexport.m
%%      -select directory containing the .edf files
%%      -a new sub-folder called \.set will be created containingthe
new .set files
%%

eeglab;

%Get directory name to search for files (event files must be in this
same
%directory)
directory_name = uigetdir;
cd(directory_name);
files = dir(fullfile(directory_name, '*.edf'));

%Create new directory to save .set files
mkdir(directory_name, '.set');

%Creates index of all the .asc files in the directory
fileIndex = find(~[files.isdir]);

%Loads each .avr files and saves them as .set
for i = 1:length(fileIndex)

fileName = files(fileIndex(i)).name;
```

---

```

[PATH, NAME, EXT] = fileparts(fileName);

EEG = pop_biosig([directory_name, '\', NAME, EXT]);
EEG = eeg_checkset(EEG);
EEG = pop_select( EEG, 'nochannel', {'COUNTER' 'INTERPOLATED' 'RAW_CQ'
'CQ_AF3' 'CQ_F7' 'CQ_F3' 'CQ_FC5' 'CQ_T7' 'CQ_P7' 'CQ_O1' 'CQ_O2'
'CQ_P8' 'CQ_T8' 'CQ_FC6' 'CQ_F4' 'CQ_F8' 'CQ_AF4' 'CQ_CMS' 'CQ_DRL'
'GYROX' 'GYROY'});
EEG=pop_chanedit(EEG, 'lookup', 'C:\Program
Files\MATLAB\R2012b\toolbox\eeqlab12_0_0_0b\plugins\dipfit2.2\standard
_BESA\standard-10-5-cap385.elp');
eeqlab redraw;

EEGOUT = pop_saveset(EEG, [NAME, '.set'], [directory_name '\.set']);
end

```

- 1) Que por sua vez têm de ser filtrados através do filter ICA BATCH, de acordo com o seguinte Script:

```

%%%%%%%%%%Filter&ICA Batch%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%24.05.2010%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%Usage:
%%      -run batch_filtragem+ICA.m
%%      -select directory containing the .set files
%%      -for each .set file a new one will be created with the filtered
%%      data and computed ICA weights
%%
eeqlab;

%Get directory name to search for files
directory_name = uigetdir; %%pede para seleccionar um directorio
files = dir(fullfile(directory_name, '*.set'));

%Creates index of all the .set files in the directory
fileIndex = find(~[files.isdir]);

```

---

```
%Loads each .set files, filters (1P 30Hz followed by HP 0.3Hz) and
computes
%ICA Weights

for i = 1:length(fileIndex)
fileName = files(fileIndex(i)).name;

%[PATH, NAME, EXT, VERSION] = fileparts(fileName);
[PATH, NAME, EXT] = fileparts(fileName);

EEG = pop_loadset( 'filename', fileName, 'filepath', directory_name);
EEG = eeg_checkset( EEG );

EEG = pop_eegfilt( EEG, 0, 30, [], [0]);
EEG.setname=[NAME, '_lp'];
EEG = eeg_checkset( EEG );

EEG = pop_eegfilt( EEG, 0.5, 0, [], [0]);
EEG.setname=[NAME, '_lp_hp'];
EEG = eeg_checkset( EEG );

EEG = pop_saveset( EEG, 'filename', [EEG.setname, '.set'] , 'filepath',
directory_name);

end;

%Hooray!
disp('*** All files successfully filtered! ***');

close all;
clear all;

eeglab;
```

---

---

```

%Get directory name to search for files

directory_name = uigetdir;    %pede para seleccionar um directorio

files = dir(fullfile(directory_name, '*_hp.set'));

%Creates index of all the .set files in the directory

fileIndex = find(~[files.isdir]);

%Loads each .set files, filters (1P 30Hz followed by HP 0.3Hz) and
computes

%ICA Weights

for i = 1:length(fileIndex)

fileName = files(fileIndex(i)).name;

%[PATH, NAME, EXT, VERSION] = fileparts(fileName);

[PATH, NAME, EXT] = fileparts(fileName);

EEG = pop_loadset( 'filename', fileName, 'filepath', directory_name);

EEG = eeg_checkset( EEG );

EEG = pop_runica(EEG,    'icatype', 'runica', 'dataset',1, 'options',{
'extended',1});EEG.setname=[NAME, '_ICA'];

EEG = eeg_checkset (EEG);

EEG = pop_saveset( EEG,    'filename', [EEG.setname, '.set'] , 'filepath',
directory_name);

end;

%Hooray!

disp('*** All files successfully gone! ***');

```

- 2) Que por sua vez têm de ser filtrados através do filter ICA BATCH, de acordo com o seguinte código:

---

```
#####Filter&ICA Batch#####
#####24.05.2010#####
#####

%%Usage:

%%      -run batch_filtragem+ICA.m
%%      -select directory containing the .set files
%%      -for each .set file a new one will be created with the filtered
%%      data and computed ICA weights
%%

eeglab;

%Get directory name to search for files
directory_name = uigetdir; %%%pede para seleccionar um diretorio
files = dir(fullfile(directory_name, '*.set'));

%Creates index of all the .set files in the directory
fileIndex = find(~[files.isdir]);

%Loads each .set files, filters (1P 30Hz followed by HP 0.3Hz) and
computes
%ICA Weights

for i = 1:length(fileIndex)
fileName = files(fileIndex(i)).name;

%[PATH, NAME, EXT, VERSION] = fileparts(fileName);
[PATH, NAME, EXT] = fileparts(fileName);

EEG = pop_loadset( 'filename', fileName, 'filepath', directory_name);
EEG = eeg_checkset( EEG );
```

---

---

```
EEG = pop_eegfilt( EEG, 0, 30, [], [0]);
EEG.setname=[NAME, '_lp'];
EEG = eeg_checkset( EEG );

EEG = pop_eegfilt( EEG, 0.5, 0, [], [0]);
EEG.setname=[NAME, '_lp_hp'];
EEG = eeg_checkset( EEG );

EEG = pop_saveset( EEG, 'filename', [EEG.setname, '.set'] , 'filepath',
directory_name);

end;

%Hooray!
disp('*** All files successfully filtered! ***');

close all;
clear all;

eeglab;

%Get directory name to search for files
directory_name = uigetdir; %pede para seleccionar um diretorio
files = dir(fullfile(directory_name, '*_hp.set'));

%Creates index of all the .set files in the directory
fileIndex = find(~[files.isdir]);

%Loads each .set files, filters (1P 30Hz followed by HP 0.3Hz) and
computes
%ICA Weights
```

---



---

```

for i = 1:length(fileIndex)

fileName = files(fileIndex(i)).name;

%[PATH, NAME, EXT, VERSION] = fileparts(fileName);
[PATH, NAME, EXT] = fileparts(fileName);

EEG = pop_loadset( 'filename', fileName, 'filepath', directory_name);
EEG = eeg_checkset( EEG );

EEG = pop_runica(EEG, 'icatype', 'runica', 'dataset',1, 'options',{
'extended',1});EEG.setname=[NAME, '_ICA'];
EEG = eeg_checkset (EEG);

EEG = pop_saveset( EEG, 'filename', [EEG.setname, '.set'] , 'filepath',
directory_name);

end;

%Hooray!
disp('*** All files successfully gone! ***');

```

Uma vez terminada esta fase avança-se para a remoção dos components que tenham artefactos como por exemplo o piscar de olhos.

3) Em seguida é preciso fazer os “*pruned*”, seguindo todos os passos do próprio software:.

- a. FILE
- b. LOAD EXISTING DATA
- c. RUN ICA-INTERUPT (DEMORA UM POUCO)
- d. DONE
- e. PLOT
- f. COMPONENT –REMOV COMPONENTE~SAVES IS
- g. PRUNED WITH ICA
- h. OVERWRITE

4) Depois disso fazer a análise de frequências seguindo todos os passos do software:

- 
- a. Abrir FREQUANALISEATUAL e fazer RUN
    - i. Pede taxa de amostragem 128
    - ii. Tamanho da janela 60

```
%%%ANALISE DE FREQUENCIAS REGISTO CONTINUO%%%
```

```
O1 = EEG.data(7,:);
```

```
O2 = EEG.data(8,:);
```

```
Fp1= EEG.data(1,:);
```

```
Fp2 = EEG.data(14,:);
```

```
P7= EEG.data(6,:);
```

```
P8= EEG.data(9,:);
```

```
srata = input('Inserir taxa de amostragem -- ');
```

```
window = input('Inserir tamanho da janela (s) -- ');
```

```
%Para janelas de 60 segundos os indices de "freq" para alpha são 65:97
```

```
frames = ((length(EEG.data(1,:))/(srata))/window)-1;
```

```
time=length(EEG.data(1,:))/srata;
```

```
frames = (time/window)-1;
```

```
time_frame = srata*window;
```

```
%%%Alpha occipital%%%
```

```
a=1;
```

```
for i = 1:round(frames)-1;
```

```
    data = O1(a:a+time_frame);
```

```
    [specO1(i,:) freqs] = spectopo(data, 0, srata, 'plot', 'off');
```

```
    a = a+(time_frame/2);
```

```
end;
```

```
alphaO1 =specO1(:,65:97);
```

---

```

alpha01 =mean(alpha01')
plot(alpha01);

a=1;
for i = 1:round(frames)-1;
    data = O2(a:a+time_frame);
    [specO2(i,:) freqs] = spectopo(data, 0, srates, 'plot', 'off');
    a = a+(time_frame/2);
end;

alpha02 =specO2(:,65:97);
alpha02 =mean(alpha02')
plot(alpha02);

mean_alpha0 = (alpha01 + alpha02)/2;
plot(mean_alpha0),

%title('Alpha occipital'),pause;%
title('Média O1 O2 Alpha occipital');
xlabel('Tempo (minutos)');
ylabel('Amplitude'),pause;

%%%BETA OCCIPITAL

a=1;
for i = 1:round(frames)-1;
    data = O1(a:a+time_frame);
    [specO1(i,:) freqs] = spectopo(data, 0, srates, 'plot', 'off');
    a = a+(time_frame/2);
end;

```

---

---

```
Beta01 =spec01(:,97:225);
Beta01 =mean(Beta01')
plot(Beta01);

a=1;
for i = 1:round(frames)-1;
    data = O2(a:a+time_frame);
    [spec02(i,:) freqs] = spectopo(data, 0, srates, 'plot', 'off');
    a = a+(time_frame/2);
end;

Beta02 =spec02(:,97:225);
Beta02 =mean(Beta02')
plot(Beta02);

mean_Beta0 = (Beta01 + Beta02)/2;
plot(mean_Beta0),

%title('Beta occipital'),pause;%
title('Média O1 O2 Beta occipital');
xlabel('Tempo (minutos)');
ylabel('Amplitude'),pause;

for i = 1:length(mean_alpha0)
    racio_alpha_Beta(i) = mean_alpha0(i)/mean_Beta0(i);
end;

plot(racio_alpha_Beta);
%title('Alpha/Beta'),pause;%
title('Alpha/Beta occipital');
xlabel('Tempo (minutos)');
```

---

---

```
ylabel('Racio'),pause;

%%%alpha parietal

a=1;
for i = 1:round(frames)-1;
    data = P7(a:a+time_frame);
    [specP7(i,:) freqs] = spectopo(data, 0, srates, 'plot', 'off');
    a = a+(time_frame/2);
end;

alphaP7 =specP7(:,65:97);
alphaP7 =mean(alphaP7')
plot(alphaP7);

a=1;
for i = 1:round(frames)-1;
    data = P8(a:a+time_frame);
    [specP8(i,:) freqs] = spectopo(data, 0, srates, 'plot', 'off');
    a = a+(time_frame/2);
end;

alphaP8 =specP8(:,65:97);
alphaP8 =mean(alphaP8')
plot(alphaP8);

mean_alphaP = (alphaP7 + alphaP8)/2;
plot(mean_alphaP),
title('Média P7 P8 Alpha parietal'),
xlabel('Tempo (minutos)');
```

---

---

```

ylabel('Amplitude'),pause;

%%%delta frontal

a=1;
for i = 1:round(frames)-1;
    data = Fp1(a:a+time_frame);
    [specFp1(i,:) freqs] = spectopo(data, 0, srates, 'plot', 'off');
    a = a+(time_frame/2);
end;

deltaFp1 =specFp1(:,2:25);
deltaFp1 =mean(deltaFp1')
plot(deltaFp1);

a=1;
for i = 1:round(frames)-1;
    data = Fp2(a:a+time_frame);
    [specFp2(i,:) freqs] = spectopo(data, 0, srates, 'plot', 'off');
    a = a+(time_frame/2);
end;

deltaFp2 =specFp2(:,2:25);
deltaFp2 =mean(deltaFp2')
plot(deltaFp2);

mean_deltaFp = (deltaFp1 + deltaFp2)/2;
plot(mean_deltaFp),

title('Média Fp1 Fp2 Delta frontal'),
xlabel('Tempo (minutos)');
ylabel('Amplitude'),pause;

```

---

---

Uma vez conhecidos os scripts a usar, descreve-se aqui os passos a seguir no matlab e eeglab.

Passo 1\_ Iniciar o Matlab

Passo 2\_ Mudar para o Diretório dos dados

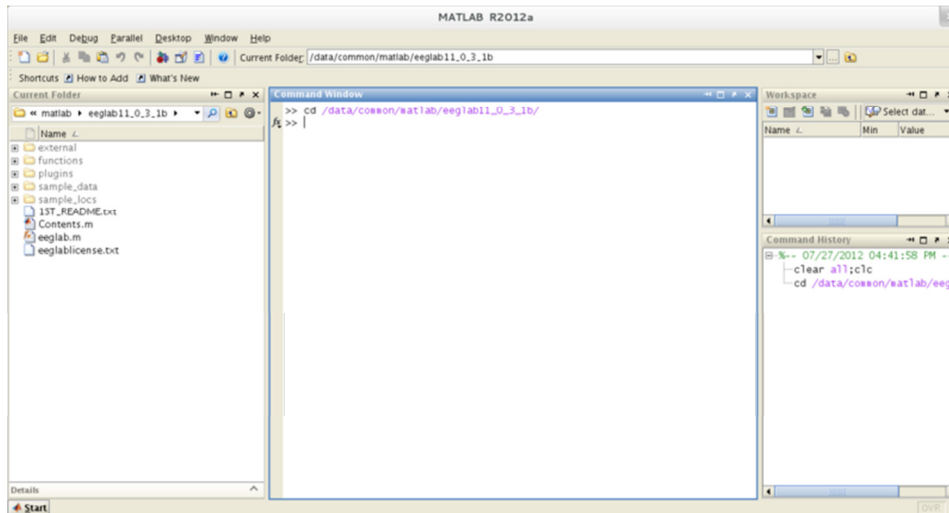


Figura 1 - Exemplo da janela Matlab

Passo 3 -Iniciar o EEGLAB – Para isso é apenas preciso digitar a pavra “eeglab” e fazer enter.

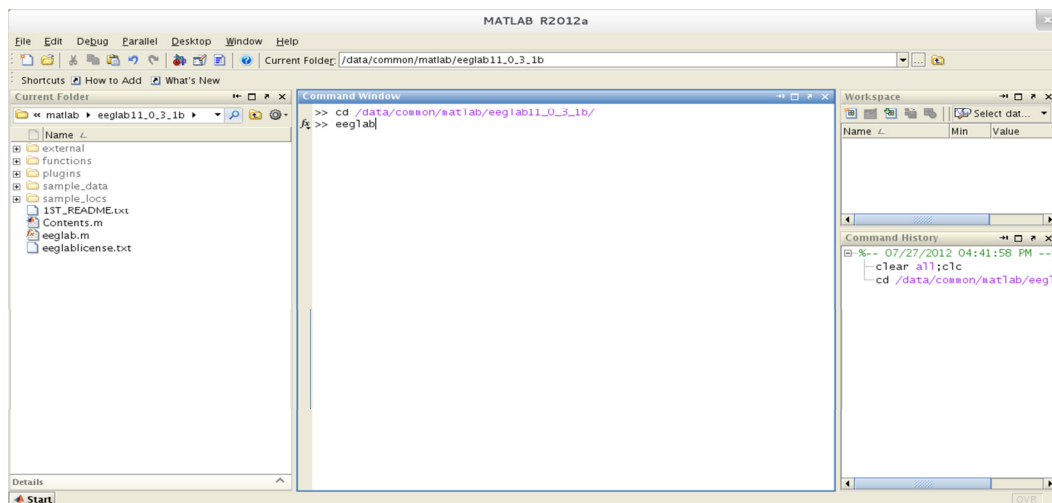


Figura 2 - Exemplo de janela Matlab

---

Ao correr o primeiro “script” aparece uma janela azul do EEGLAB, com sete títulos de menu: Arquivo, Editar, Ferramentas, Plot, estudo, conjuntos de dados, dispostos da esquerda para a direita, conforme a ordem de uso.

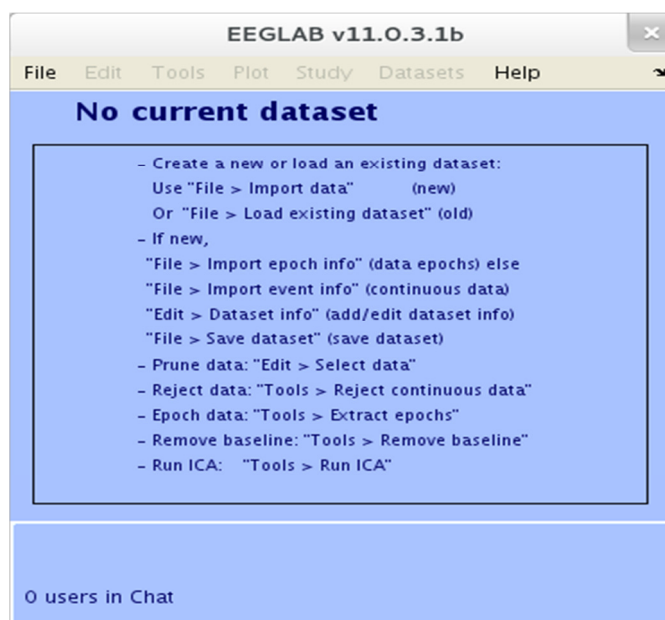


Figura 3 Exemplo da janela EEGLAB

- **Decompor Run ICA**

ICA “*Independent Component Analysis*” é uma técnica muito potente que torna possível (em princípio) separar fontes independentes linearmente misturadas provenientes de vários sensores. Por exemplo, durante a gravação de eletroencefalograma (EEG) no escalpe, o ICA permite separar artefatos incorporados nos dados (uma vez que são geralmente independentes uns dos outros)<sup>15</sup>.

Decompor os dados por ICA (ou qualquer método de decomposição linear, incluindo “*Principal Component Analysis*” PCA e seus derivados) envolve uma mudança linear de base a partir de dados registados nos canais individuais do escalpe para uma base espacial transformada em “canal virtual”. Ou seja, em vez de uma colheita de registos de dados de canal único gravados simultaneamente, os dados são transformados num conjunto de saídas registadas simultaneamente provenientes de filtros espaciais aplicados a todos os dados multi-canal.

Nos dados dos canais originais do escalpe, cada linha da matriz de gravação de dados representa o curso de tempo resumido em diferenças de tensão entre as projeções de origem para um canal de dados e um ou mais canais de referência. Após decomposição

---

<sup>15</sup> in <http://sccn.ucsd.edu/~arno/indexica.html> consultado em 28.06.2014.



---

ICA, cada linha da matriz de dados de ativação dá a evolução no tempo da atividade de um componente do processo espacialmente filtrado a partir dos dados do canal<sup>16</sup>.

Fazendo correr o “RunICA” é produzido o seguinte texto no Matlab:

```
Input data size [32,1540] = 32 channels, 1540 frames.
Finding 32 ICA components using logistic ICA.
Initial learning rate will be 0.001, block size 36.
Learning rate will be multiplied by 0.9 whenever angledelta >= 60 deg.
Training will end when wchange < 1e-06 or after 512 steps.
Online bias adjustment will be used.
Removing mean of each channel ...
Final training data range: -145.3 to 309.344
Computing the sphering matrix...
Starting weights are the identity matrix ...
Sphering the data ...
Beginning ICA training ...
step 1 - lrate 0.001000, wchange 1.105647
step 2 - lrate 0.001000, wchange 0.670896
step 3 - lrate 0.001000, wchange 0.385967, angledelta 66.5 deg
step 4 - lrate 0.000900, wchange 0.352572, angledelta 92.0 deg
step 5 - lrate 0.000810, wchange 0.253948, angledelta 95.8 deg
step 6 - lrate 0.000729, wchange 0.239778, angledelta 96.8 deg
...
step 55 - lrate 0.000005, wchange 0.000001, angledelta 65.4 deg
step 56 - lrate 0.000004, wchange 0.000001, angledelta 63.1 deg
Inverting negative activations: 1 -2 -3 4 -5 6 7 8 9 10 -11 -12 -13 -14 -
15 -16 17 -18 -19 -20 -21 -22 -23 24 -25 -26 -27 -28 -29 -30 31 -32
Sorting components in descending order of mean projected variance ...
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27
28 29 30 31 32
```

---

<sup>16</sup> In [http://sccn.ucsd.edu/wiki/Chapter\\_09:\\_Decomposing\\_Data\\_Using\\_ICA](http://sccn.ucsd.edu/wiki/Chapter_09:_Decomposing_Data_Using_ICA)

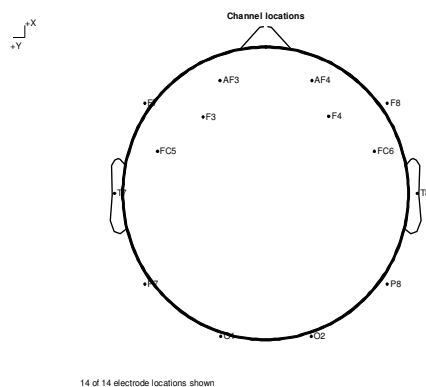


Figura 4 - Localização dos elétrodos no escalpe

## ANEXO 16 - CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DOS SENSORES TEMPPLUX

Tabela 1 - Características dos sensores tempPlux

| Parâmetros                 | Descrição               |          |
|----------------------------|-------------------------|----------|
|                            | 01GG103                 | Unidades |
| Diâmetro do sensor (D)     | 2,04                    | mm       |
| Comprimento do sensor (L)  | 9,53                    | mm       |
| Comprimento do cabo (A)    | 95                      | cm       |
| Tolerância                 | Consultar Tabela nº     |          |
| Tipo de fio                | 28AWG (0,32)            | mm       |
| Isolamento do fio          | PVC de qualidade médica | NA       |
| Material                   | Plástico moldável       | NA       |
| Valor R Nominal a 25°C     | 10                      | KΩ       |
| Tempo de resposta no ar*   | 15                      | s        |
| Tempo de resposta na água* | 2                       | s        |

\*O tempo de resposta é fornecido a 25°C tanto no ar como na água.

Tabela 2 - Diferentes modelos e tolerâncias

| Intervalos de temperatura °C | Código de Tolerância ( ± ) |      |      |
|------------------------------|----------------------------|------|------|
|                              | A                          | B    | C    |
| 0-20                         | 0,15                       | 0,2  | 0,25 |
| 20-35                        | 0,1                        | 0,15 | 0,2  |
| 35-39                        | 0,05                       | 0,1  | 0,15 |
| 39-42                        | 0,075                      | 0,15 | 0,2  |
| 42-45                        | 0,1                        | 0,15 | 0,2  |
| 45-50                        | 0,15                       | 0,2  | 0,25 |

Tabela 3 - Resistência em função da temperatura

| Temp °C | 2,252kΩ | 10 kΩ   | Temp °C | 2,252 kΩ | 10 kΩ   |
|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| 0       | 7352,9  | 32650,5 | 26      | 2155,69  | 9572,32 |
| 1       | 6988,42 | 31032,1 | 27      | 2064,02  | 9165,29 |
| 2       | 6643,38 | 29499,9 | 28      | 1976,76  | 8777,79 |
| 3       | 6317,41 | 28052,4 | 29      | 1893,67  | 8408,68 |
| 4       | 6009,39 | 26684,6 | 30      | 1814,51  | 8057,31 |
| 5       | 5718,1  | 25391,2 | 31      | 1739,09  | 7722,43 |
| 6       | 5442,68 | 24168,2 | 32      | 1667,22  | 7403,29 |
| 7       | 5182,12 | 23011,2 | 33      | 1598,51  | 7098,42 |
| 8       | 4935,54 | 21916,3 | 34      | 1533,2   | 6808,36 |
| 9       | 4702,12 | 20879,8 | 35      | 1470,89  | 6531,31 |
| 10      | 4481,09 | 19898,3 | 36      | 1411,58  | 6265,75 |
| 11      | 4271,72 | 18968,6 | 37      | 1354,91  | 6016,47 |
| 12      | 4073,33 | 18087,6 | 38      | 1300,77  | 5776,05 |
| 13      | 3885,28 | 17252,6 | 39      | 1249,08  | 5546,53 |
| 14      | 3706,99 | 16460,9 | 40      | 1199,72  | 5327,34 |
| 15      | 3537,9  | 15710   | 41      | 1152,57  | 5117,97 |
| 16      | 3377,47 | 14997,7 | 42      | 1107,52  | 4917,94 |
| 17      | 3225,23 | 14321,6 | 43      | 1064,47  | 4726,77 |
| 18      | 3080,7  | 13679,8 | 44      | 1023,3   | 4543,91 |
| 19      | 2943,46 | 13070,4 | 45      | 983,97   | 4369,33 |
| 20      | 2813,11 | 12491,6 | 46      | 946,02   | 4200,84 |
| 21      | 2689,26 | 11941,6 | 47      | 909,99   | 4040,81 |
| 22      | 2571,54 | 11418,9 | 48      | 875,92   | 3889,51 |
| 23      | 2459,64 | 10922   | 49      | 842,96   | 3743,17 |
| 24      | 2353,22 | 10499,5 | 50      | 811,42   | 3603,1  |
| 25      | 2252    | 10000   |         |          |         |

---

Tabela 4 - Exemplo de Código de conversão de temperatura para 10KΩ

```
// Load the acquisition file in Dout and select the same column of the
// bioPlux channel being used

Vout = (Dout * 5)/4096

Rntc = (1e4 * Vout)/(5-Vout)

Temp_Kelvin = 1 / ( a0 + a1*log(Rntc) + a2*pow(log(Rntc),3) )

Temp_Celsius = Temp_Kelvin - 273.15
```

---

## ***ANEXO 17 – CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DO SENSOR TERMOINGERÍVEL (TIS)***

Tabela 1 - Características das cápsulas Jonah VitalSense

| <b>Parâmetro</b>   | <b>Valor</b>   |
|--|--|
| <b>Características do Monitor</b>  |  |
| Tamanho  | 120 x 90 x 25mm  |
| Peso   | 200gramas  |
| <b>Características Físicas da Cápsula</b>  |  |
| Tamanho  | 8,7 mm diâmetro x 23 mm comprimento  |
| Peso   | 1,6 gramas   |
| Material   | Plástico medicinal   |
| <b>Atributos funcionais</b>  |  |
| Intervalo de temperatura de detecção   | 25°C a 50°C  |
| Precisão do sensor de temperatura (margem de erro consoante o intervalo de temperaturas com que se opera). | +/-0,10°C (32°C a 42°C)<br>+/-0,25°C (-20°C a 32°C)<br>+/-0,25°C (42°C a 60°C) |
| Resolução de indicador de temperatura  | +/-0,01°C  |
| Frequência amostral  | 15segundos   |
| Alcance máximo para transferência de dados   | 1 metro  |



---

## ***ANEXO 18 – CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DO EMOTIV SDK***

Tabela 1 - Características do Emotiv SDK

| <b>Emotiv SDK</b>  | <b>Características</b>  |
|--|---|
| Número de canais   | 14 (mais os eléctrodos de referência, na localização P3/P4)                               |
| Nome de canais (localização de acordo com o sistema internacional) | AF3; F7, F3,FC5,T7,P7,O1,O2,P8,T8,FC6;F4,F8,AF4   |
| Método de amostragem   | Amostragem sequencial. ADC simples (conversor analógico digital)                          |
| Taxa de amostragem   | 128 SPS ( sample per second ) ( 2048 Hz interna)  |
| Resolução  | 14 bits ( 1 LSB)= 0,51 $\mu$ V( 16 bit ADC, 2 bits nível de ruído instrumental rejeitado) |
| Largura de banda   | 0,2-45 Hz, filtros dogitais de entalhe em 50Hz e 60 Hz                                    |
| Filtragem  | Built In digital 5Th order Sinc Filter  |
| Faixa dinâmica ( imput referido)                                   | 8400 $\mu$ V ( pp)  |
| Modo de acoplamento  | Acoplados AC  |
| Conetividade   | Sem fios wireless , 2.4 GHz band  |
| Potência   | Lipoly  |
| Bateria  | 12 horas  |
| Medição de impedância  | Qualidade do contacto em tempo real usando sistema patenteado                             |





---

## ANEXO 19 – DETALHES DE UTILIZAÇÃO DO EMOTIV SDK

### Carga inicial do Headset:

Para carregar o equipamento, é necessário verificar se o pequeno interruptor na parte inferior traseira do “headset” está definido para a posição "Off". Liga-se o cabo mini USB conectado ao carregador de bateria fornecido, na ranhura na parte superior do equipamento e à porta USB do PC ou o cabo de alimentação de 50 ou 60 Hz 100-250 V tomada elétrica.

A bateria de lítio pode ser recarregada a 100% de capacidade, em cerca de 4 horas, dependendo do estado inicial da carga. Carregando apenas 30 minutos geralmente produz um aumento de cerca de 10%.

O Heaset EPOC contém dois LEDs localizados na parte traseira do equipamento e ao lado do botão de energia. Quando o botão está na posição “on”, o LED aparece com a cor azul, quando não exibe qualquer cor é porque o carregamento está em progresso.

### Hidratação de sensores:

Os sensores antes de serem colocados no headset são humedecidos gota a gota, com uma solução salina, não sendo, no entanto, completamente encharcados (Figura 1).

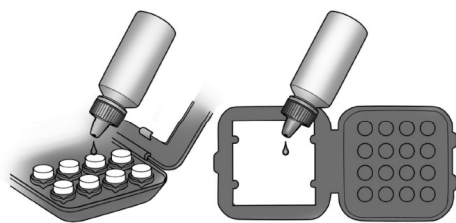


Figura 1 - Método para humedecer as almofadas

*Adaptado de Emotiv Software Development Kit User Manual for Release 1.0.0.3*

Para humedecer as almofadas adicionam-se algumas gotas de soro fisiológico de modo a saturar a almofada hidratante grande anexada à tampa superior, em seguida, fecha-se a tampa e agita-se. Este procedimento permite manter a humidade das almofadas quando não estão em uso. É, no entanto, importante não sobre-humedecer as almofadas nesta fase, no sentido de minimizar a sua deterioração. Após o processo de humedecimento, as almofadas são colocadas nos respetivos suportes do *emotiv* rodando um quarto de volta no sentido horário até sentir um "clique" definitivo. O "clique" indica que cada sensor é instalado corretamente (Figura 2).

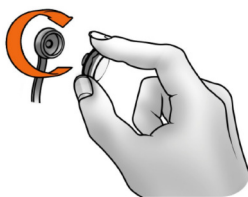


Figura 2 - Colocação dos sensores no headset.

*Adaptado de Emotiv Software Development Kit User Manual for Release 1.0.0.3*

---

## Colocação no Headset

Ao colocar o *headset epoc* na cabeça, os braços do *headset* ficam tal como descrito na Figura 3, tendo o cuidado de colocar os sensores com a inserção de borracha preta no osso logo atrás de cada orelha.

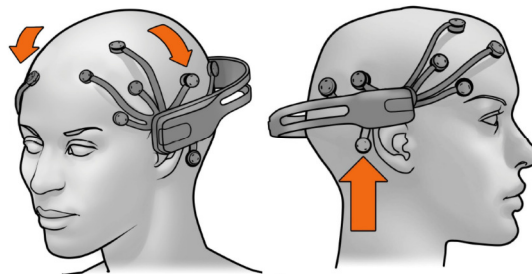


Figura 3 - Emparelhamento do conjunto head set

Adaptado de Emotiv Software Development Kit User Manual for Release 1.0.0.3

Como nota importante deve referir-se que os dois sensores da frente devem ser colocados aproximadamente na linha do cabelo ou com uma distância de, aproximadamente, três dedos acima das sobrancelhas, tal como ilustra a Figura 4.

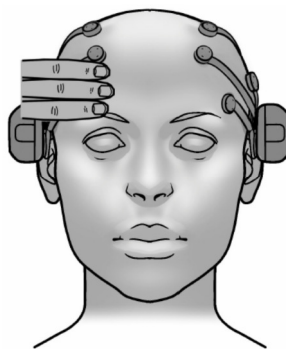


Figura 4 - Explicação de como pressionar os sensores

Adaptado de Emotiv Software Development Kit User Manual for Release 1.0.0.3

Após o *headset* estar em posição, os dois sensores de referência (localizados logo acima e atrás das orelhas) são pressionados cerca de 5-10 segundos (Figura 4) de modo a garantir um bom contacto. O bom contacto destes sensores é a chave para um bom sinal.

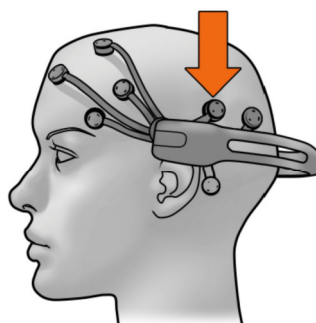


Figura 4 - Explica como pressionar os sensores

Adaptado de Emotiv Software Development Kit User Manual for Release 1.0.0.3

---

De seguida verificam-se as luzes correspondentes a esses dois sensores de referência mudam de vermelho para verde na tela do *Painel de Controle EPOC Configuração Headset*.

Na imagem da Figura 5 encontra-se uma representação das localizações dos sensores na cabeça do voluntário. Cada círculo representa um sensor e a sua localização aproximada. A cor do círculo do sensor dá uma representação da qualidade de contacto. No início de cada teste, todos os sensores devem apresentar-se com cor verde. As restantes cores indicam:

- Preto: Sem Sinal;
- Vermelho: Sinal muito pobre;
- Laranja sinal pobre;
- Amarelo: Sinal suficiente;
- Verde: Bom Sinal.

Quando após este procedimento um ou mais sensores não apresentar a cor verde, procede-se ao seu pressionamento suave contra o escalpe até que todas as luzes correspondentes fiquem verdes no *Painel de Controlo EPOC* (Figura 6). As especificações do Emotiv SDK (Reserach Edition Specifications), encontram-se no Anexo 18. O nome e localização dos 4 canais é feito de acordo com o sistema internacional (Figura 5).

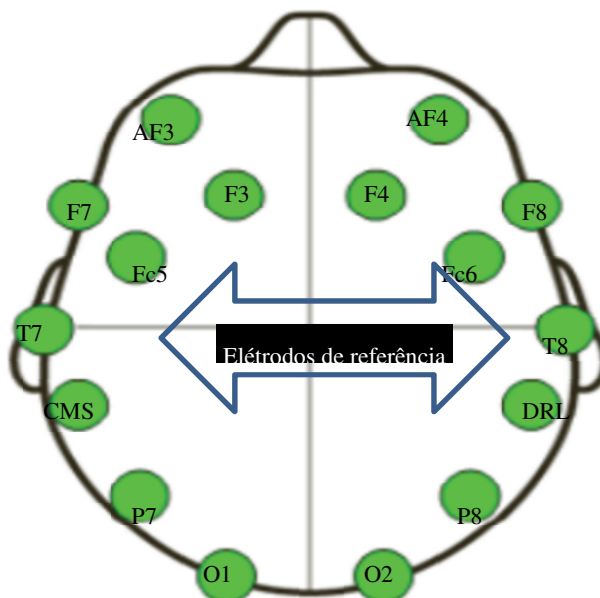


Figura 5 - Posicionamento dos eletrodos

A título de exemplo, apresenta-se na Figura 6 o painel de saída em tempo real dos diversos canais do sinal EEG gravado.

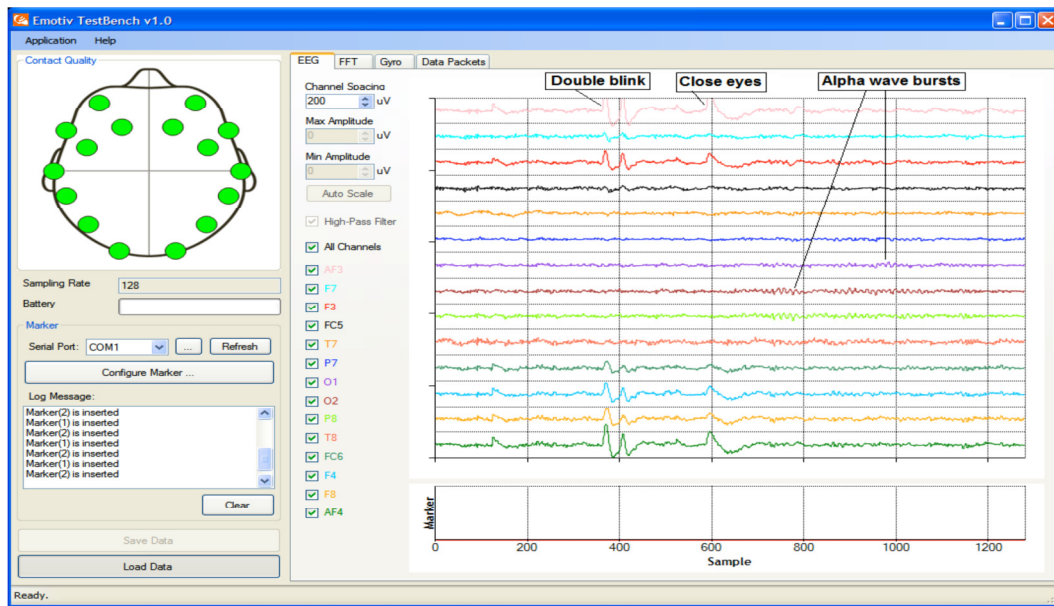


Figura 6 - Paine! explicativo do tipo de sinal de EEG

Adaptado de Reserach Edition Specifications

## ANEXO 20 - ANÁLISE DA TEMPERATURA DA PELE - TESTES DE REPRODUTIBILIDADE

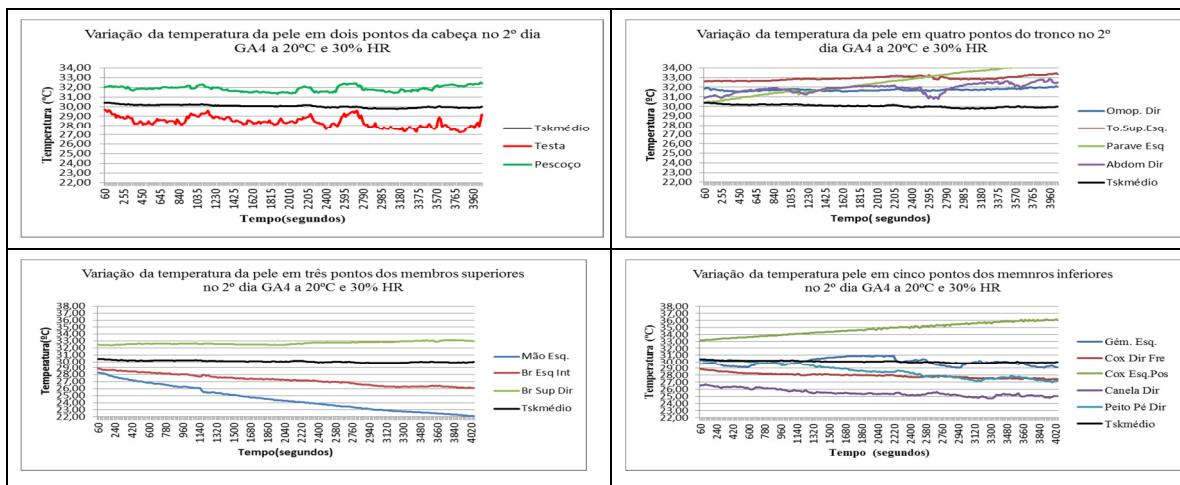


Figura 1 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C 30%HR (2º dia GA4)

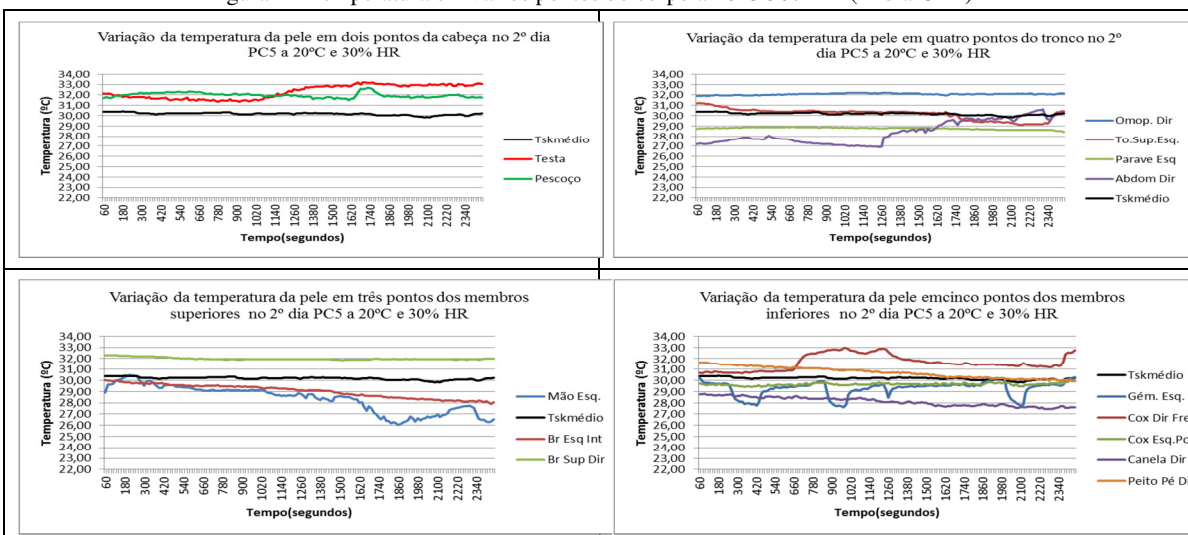


Figura 2 - Temperatura em vários pontos do corpo a 20°C 30%HR (2º dia PC5)

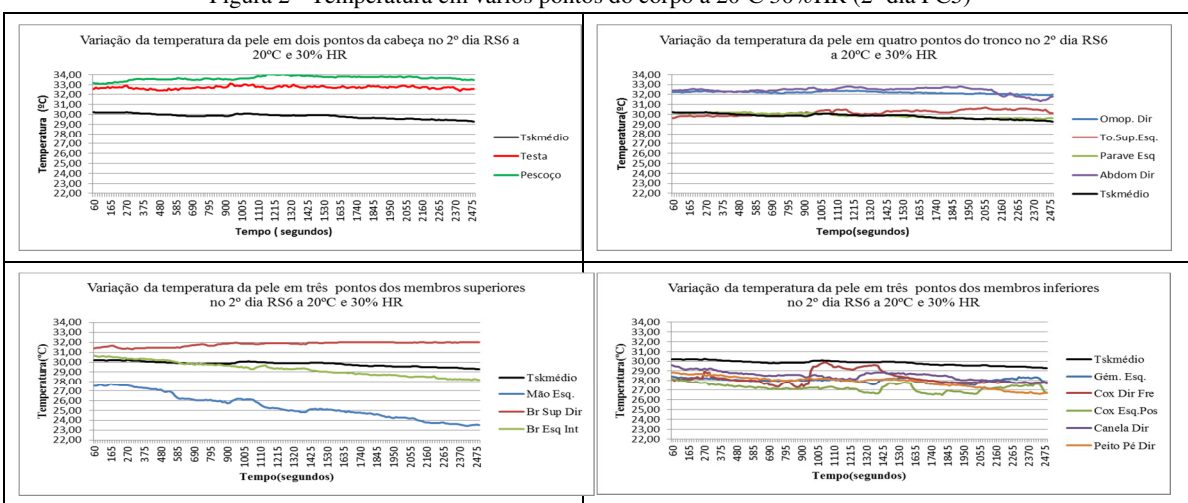


Figura 3 - Temperatura da pele em vários pontos do corpo a 20°C 30%HR (2º dia RS6)



## ANEXO 21 - CONDIÇÕES AMBIENTAIS EXTERIORES

As condições ambientais exteriores a 22°C -80% HR; 32°C-40% HR e 32°C-80% HR, foram as que constam nas tabelas;

Tabela 1 - Valores médios das condições ambientais exteriores nos ensaios a 22°C - 80% HR

| Dia/ Hora  | Temp. (°C) | HR (%) | Radiação atm (W.m <sup>-2</sup> ) | Pressão (hPa) | Direção do vento (°) | Radiação solar difusa (W.m <sup>-2</sup> ) | Radiação solar global (W.m <sup>-2</sup> ) | Velocidade do vento (m.s <sup>-1</sup> ) |
|------------|------------|--------|-----------------------------------|---------------|----------------------|--|--|--|
| 2013.11.15 | 13,8       | 55,1   | 222,1                             | 1009,0        | 98,0                 | 12,0                                       | 14,0                                       | 1,8                                      |
| 2013.11.20 | 11,6       | 59,7   | 214,8                             | 1006,0        | 0,1                  | 12,0                                       | 13,0                                       | 1,3                                      |
| 2013.11.25 | 14,4       | 45,7   | 203,3                             | 998,0         | 30,8                 | 58,0                                       | 304,0                                      | 1,6                                      |
| 2013.12.05 | 10,6       | 61,3   | 235,0                             | 1013,0        | 0,1                  | 1,0  | 3,0  | 0,9                                      |
| 2014.01.10 | 7,8        | 96,4   | 311,4                             | 1017,0        | 0,2                  | 68,0                                       | 70,0                                       | 1,2                                      |
| 2014.01.11 | 8,0        | 95,8   | 310,7                             | 1017,0        | 0,1                  | 74,0                                       | 77,0                                       | 0,8                                      |
| 2014.02.24 | 11,5       | 65,3   | 262,8                             | 1003,0        | 0,1                  | 102,0                                      | 119,0                                      | 1,7                                      |
| 2014.03.01 | 12,7       | 100,0  | 318,8                             | 995,0         | 0,2                  | 33,0                                       | 35,0                                       | 1,1                                      |
| 2014.03.03 | 9,8        | 94,0   | 304,3                             | 1003,0        | 0,1                  | 75,0                                       | 81,0                                       | 0,9                                      |
| 2014.03.06 | 16,8       | 69,4   | 197,7                             | 1005,0        | 0,1                  | 51,0                                       | 196,0                                      | 1,0                                      |
| 2014.03.08 | 22,5       | 39,7   | 186,0                             | 1001,0        | 0,2                  | 39,0                                       | 187,0                                      | 0,9                                      |
| 2014.03.11 | 21,9       | 30,2   | 178,7                             | 1003,0        | 0,1                  | 41,0                                       | 201,0                                      | 0,9                                      |
| 2014.03.14 | 15,3       | 71,1   | 207,3                             | 1012,0        | 0,1                  | 58,0                                       | 190,0                                      | 0,9                                      |
| 2014.03.16 | 20,8       | 40,7   | 196,9                             | 1008,0        | 0,1                  | 46,0                                       | 210,0                                      | 1,4                                      |
| 2014.03.19 | 21,7       | 39,1   | 194,2                             | 1004,0        | 0,2                  | 63,0                                       | 165,0                                      | 0,7                                      |
| 2014.04.08 | 12,9       | 100,0  | 317,5                             | 1005,0        | 0,1                  | 56,0                                       | 57,0                                       | 0,8                                      |
| 2014.04.09 | 12,8       | 99,3   | 309,1                             | 985,0         | 0,1                  | 96,0                                       | 98,0                                       | 4,5                                      |
| 2014.04.10 | 13,2       | 85,7   | 297,0                             | 985,0         | 0,1                  | 118,0                                      | 120,0                                      | 3,4                                      |

atm -atmosférica

Tabela 2 - Valores médios das condições ambientais exteriores a 32°C -40%HR

| Dia/ Hora* | Temp. (°C) | HR (%) | Radiação atm (W.m <sup>-2</sup> ) | Pressão (hPa) | Direção do vento (°) | Radiação solar difusa (W.m <sup>-2</sup> ) | Radiação solar global (W.m <sup>-2</sup> ) | Velocidade do vento (m.s <sup>-1</sup> ) |
|------------|------------|--------|-----------------------------------|---------------|----------------------|--|--|--|
| 2013.11.26 | 14,4       | 45,7   | 203,3                             | 998,0         | 30,8                 | 58,0                                       | 304,0                                      | 1,6                                      |
| 2013.11.27 | 14,6       | 45,8   | 203,3                             | 998,0         | 25,1                 | 69,0                                       | 313,0                                      | 2,7                                      |
| 2013.11.30 | 10,5       | 43,2   | 205,8                             | 999,0         | 56,6                 | 53,0                                       | 331,0                                      | 1,4                                      |
| 2013.12.02 | 11,5       | 44,7   | 208,0                             | 1011,0        | 0,2                  | 47,0                                       | 362,0                                      | 4,1                                      |
| 2013.12.12 | 7,2        | 58,5   | 227,7                             | 1012,0        | 0,2                  | 66,0                                       | 109,0                                      | 3,9                                      |
| 2014.01.17 | 6,9        | 59,3   | 228,8                             | 1012,0        | 0,1                  | 41,0                                       | 42,0                                       | 2,0                                      |
| 2014.01.18 | 8,2        | 94,6   | 309,8                             | 1017,0        | 0,1                  | 78,0                                       | 80,0                                       | 1,4                                      |
| 2014.02.21 | 12,3       | 100,0  | 318,1                             | 1005,0        | 0,1                  | 47,0                                       | 50,0                                       | 1,5                                      |
| 2014.03.04 | 11,6       | 100,0  | 317,9                             | 1004,0        | 0,1                  | 31,0                                       | 33,0                                       | 3,1                                      |
| 2014.03.05 | 13,9       | 79,5   | 214,1                             | 1007,0        | 0,1                  | 52,0                                       | 181,0                                      | 1,2                                      |
| 2014.03.13 | 15,4       | 73,7   | 211,8                             | 1008,0        | 0,1                  | 56,0                                       | 198,0                                      | 1,2                                      |
| 2014.03.15 | 19,1       | 45,8   | 202,0                             | 1013,0        | 0,1                  | 60,0                                       | 203,0                                      | 1,4                                      |
| 2014.03.15 | 18,7       | 44,1   | 204,1                             | 1013,0        | 0,1                  | 52,0                                       | 148,0                                      | 1,5                                      |
| 2014.03.22 | 12,3       | 53,4   | 215,4                             | 1007,0        | 0,1                  | 73,0                                       | 263,0                                      | 1,8                                      |
| 2014.03.26 | 12,2       | 60,9   | 220,2                             | 1006,0        | 0,1                  | 66,0                                       | 144,0                                      | 2,3                                      |
| 2014.03.27 | 13,2       | 55,0   | 240,0                             | 991,0         | 0,2                  | 131,0                                      | 151,0                                      | 2,3                                      |
| 2014.03.28 | 13,5       | 67,3   | 240,7                             | 990,0         | 0,1                  | 177,0                                      | 401,0                                      | 1,6                                      |
| 2014.04.14 | 13,1       | 100,0  | 316,5                             | 1005,0        | 0,1                  | 53,0                                       | 55,0                                       | 1,2                                      |

atm- atmosférica

Tabela 3 - Valores médios das condições ambientais exteriores a 32°C - 80%HR

| Dia/ Hora* | Temp.<br>(°C) | HR<br>(%) | Radiação<br>atm<br>(W.m <sup>-2</sup> ) | Pressão<br>atm<br>(hPa) | Direção do<br>vento<br>(°) | Radiação solar<br>difusa (W.m <sup>-2</sup> ) | Radiação<br>solar global<br>(W.m <sup>-2</sup> ) | Velocidade<br>do vento<br>(m.s <sup>-1</sup> ) |
|------------|---------------|-----------|---|-------------------------|----------------------------|---|--|--|
| 2013.12.03 | 12,6          | 43,4      | 203,0                                   | 1011,0                  | 0,2                        | 42,0  | 375,0  | 2,5  |
| 2013.12.04 | 15,6          | 46,2      | 219,4                                   | 1012,0                  | 0,1                        | 8,0   | 9,0  | 0,7  |
| 2014.01.13 | 7,8           | 96,4      | 311,4                                   | 1017,0                  | 0,2                        | 68,0  | 70,0   | 1,2  |
| 2014.02.19 | 8,2           | 100,0     | 246,6                                   | 1007,0                  | 0,1                        | 6,0   | 9,0  | 1,0  |
| 2014.02.23 | 10,9          | 73,2      | 275,0                                   | 1001,0                  | 0,1                        | 130,0   | 136,0  | 2,7  |
| 2014.02.28 | 12,5          | 75,0      | 267,2                                   | 1008,0                  | 0,1                        | 76,0  | 80,0   | 1,1  |
| 2014.03.01 | 12,7          | 100,0     | 318,8                                   | 995,0                   | 0,2                        | 33,0  | 35,0   | 1,1  |
| 2014.03.01 | 12,8          | 100,0     | 318,2                                   | 996,0                   | 0,2                        | 18,0  | 20,0   | 1,6  |
| 2014.03.08 | 22,5          | 39,7      | 186,0                                   | 1001,0                  | 0,2                        | 39,0  | 187,0  | 0,9  |
| 2014.03.10 | 22,9          | 30,1      | 182,6                                   | 1004,0                  | 0,2                        | 40,0  | 190,0  | 1,6  |
| 2014.03.12 | 19,2          | 31,7      | 195,6                                   | 1007,0                  | 0,1                        | 52,0  | 187,0  | 2,4  |
| 2014.03.17 | 15,1          | 73,5      | 219,1                                   | 1008,0                  | 0,1                        | 107,0   | 260,0  | 2,3  |
| 2014.03.20 | 13,6          | 72,9      | 293,5                                   | 1006,0                  | 0,1                        | 74,0  | 76,0   | 1,2  |
| 2014.03.23 | 12,7          | 53,0      | 221,3                                   | 1007,0                  | 0,1                        | 98,0  | 195,0  | 0,7  |
| 2014.03.25 | 11,8          | 73,9      | 296,9                                   | 1010,0                  | 0,1                        | 92,0  | 96,0   | 1,1  |
| 2014.03.31 | 13,1          | 100,0     | 311,9                                   | 991,0                   | 0,1                        | 71,0  | 73,0   | 0,8  |
| 2014.04.03 | 13,6          | 69,1      | 246,3                                   | 996,0                   | 0,1                        | 105,0   | 117,0  | 1,6  |
| 2014.04.03 | 13,6          | 70,5      | 263,6                                   | 998,0                   | 0,1                        | 77,0  | 92,0   | 0,9  |

atm- atmosférica

Nas Tabelas 4, 5 e 6 está mencionado, além dos valores das condições exteriores já referidos, também estão os valores das condições ambientais no interior do laboratório para os mesmos dias e para as condições 22°C-80%HR, 32°C-40% HR e 32°C-80% HR.

Tabela 4 - Condições climáticas do exterior, do laboratório e da câmara climática para cada ensaio sistemático a 22°C-80%HR

| Voluntário | Data       | Temp<br>Exterior (°C) | Humidade<br>Exterior (%) | Temp<br>Lab (°C) | Humi dade<br>Lab(%) |
|------------|------------|-----------------------|--------------------------|------------------|---------------------|
| EQC2       | 2013.11.15 | 13,8                  | 55,1                     | 21,5             | 37,0                |
| CF2        | 2013.11.20 | 11,6                  | 59,7                     | 21,6             | 80,0                |
| HP2        | 2013.11.25 | 14,4                  | 45,7                     | 18,5             | 34,0                |
| JMB2       | 2013.12.05 | 10,6                  | 61,3                     | 21,0             | 35,0                |
| MLM2       | 2014.01.10 | 7,8                   | 96,4                     | 19,5             | 57,0                |
| ACS2       | 2014.01.11 | 8,0                   | 95,8                     | 20,5             | 48,0                |
| RC2        | 2014.02.24 | 11,5                  | 65,3                     | 20,5             | 42,0                |
| DF2 REP    | 2014.03.01 | 12,7                  | 100,0                    | 20,5             | 59,0                |
| CBA2       | 2014.03.03 | 9,8                   | 94,0                     | 21,0             | 40,0                |
| CPC2       | 2014.03.06 | 16,8                  | 69,4                     | 20,0             | 53,0                |
| PP2REP     | 2014.03.08 | 22,5                  | 39,7                     | 19,5             | 48,0                |
| TS2 REP    | 2014.03.11 | 21,9                  | 30,2                     | 21,5             | 32,0                |
| JMM2       | 2014.03.14 | 15,3                  | 71,1                     | 21,6             | 37,0                |
| ETC2       | 2014.03.16 | 20,8                  | 40,7                     | 20,6             | 38,0                |
| HMP2       | 2014.03.19 | 21,7                  | 39,1                     | 21,4             | 32,0                |
| DC2        | 2014.04.08 | 12,9                  | 100                      | 20,5             | 58,0                |
| TZ2        | 2014.04.09 | 12,8                  | 99,3                     | 20,5             | 52,0                |
| JSB2       | 2014.04.10 | 13,2                  | 85,7                     | 20,6             | 57,0                |



Tabela 5 - Condições climáticas do exterior, do laboratório e da câmara climática para cada ensaio sistemático a 32°C-40% HR

| Voluntário | Data       | Temp Exterior(°C) | Humidade Exterior (%) | Temp Lab (°C) | Humidade Lab(%) |
|------------|------------|-------------------|-----------------------|---------------|-----------------|
| DF3        | 2013.11.26 | 14,4              | 45,7                  | 21,6          | 31,0            |
| CSF3       | 2013.11.27 | 14,6              | 45,8                  | 20,5          | 29,0            |
| PP3        | 2013.11.30 | 10,5              | 43,2                  | 19,5          | 29,0            |
| HP3        | 2013.12.02 | 11,5              | 44,7                  | 19,6          | 31,0            |
| JMB3       | 2013.12.12 | 7,2               | 58,5                  | 20,5          | 36,0            |
| MLM3       | 2014.01.17 | 6,9               | 59,3                  | 20,5          | 43,0            |
| ACS3       | 2014.01.18 | 8,2               | 94,6                  | 18,4          | 44,0            |
| EQC3REP    | 2014.02.21 | 12,3              | 100,0                 | 19,5          | 38,0            |
| RC3        | 2014.03.04 | 11,6              | 100,0                 | 20,0          | 47,0            |
| TS3REP     | 2014.03.05 | 13,9              | 79,5                  | 19,5          | 51,0            |
| CPC3       | 2014.03.13 | 15,4              | 73,7                  | 21,4          | 36,0            |
| ETC3       | 2014.03.15 | 19,1              | 45,8                  | 21,5          | 37,0            |
| JMM3       | 2014.03.15 | 18,7              | 44,1                  | 21,6          | 37,0            |
| CBA3       | 2014.03.22 | 12,3              | 53,4                  | 20,5          | 33,0            |
| HMP3REP    | 2014.03.26 | 12,2              | 60,9                  | 19,3          | 34,0            |
| TZ3        | 2014.03.27 | 13,2              | 55,0                  | 21,0          | 35,0            |
| DC3        | 2014.03.28 | 13,5              | 67,3                  | 20,5          | 36,0            |
| JSB3       | 2014.04.14 | 13,1              | 100,0                 | 22,0          | 47,0            |

Tabela 6 - Condições climáticas do exterior, do laboratório e da câmara climática para cada ensaio sistemático a 32°C-80%HR

| Voluntário | Data       | Temp Exterior(°C) | Humidade Exterior(%) | Temp Lab(°C) | Humidade Lab (%) |
|------------|------------|-------------------|----------------------|--------------|------------------|
| DF4        | 2013.12.03 | 12,6              | 43,4                 | 18,6         | 33,0             |
| CSF4       | 2013.12.04 | 15,6              | 46,2                 | 20           | 32,0             |
| JMB4       | 2014.01.13 | 7,8               | 96,4                 | 21,5         | 45,0             |
| MLM4       | 2014.02.19 | 8,2               | 100                  | 18,0         | 48,0             |
| ACS4       | 2014.02.23 | 10,9              | 73,2                 | 17,0         | 48,0             |
| EQC4 REP   | 2014.02.28 | 12,5              | 75,0                 | 20,5         | 48,0             |
| PP4 REP    | 2014.03.01 | 12,7              | 100                  | 20,5         | 57,0             |
| HP4 REP    | 2014.03.01 | 12,8              | 100,2                | 20,5         | 59,0             |
| JMM4       | 2014.03.08 | 22,5              | 39,7                 | 20,5         | 47,0             |
| RC4        | 2014.03.10 | 22,9              | 30,1                 | 21,6         | 36,0             |
| HMP4       | 2014.03.12 | 19,2              | 31,7                 | 22           | 36,0             |
| CB4        | 2014.03.17 | 15,1              | 73,5                 | 22,5         | 41,0             |
| CPC4       | 2014.03.20 | 13,6              | 72,9                 | 20,5         | 37,0             |
| ETC4       | 2014.03.23 | 12,7              | 53,0                 | 20,5         | 37,0             |
| TS4REP     | 2014.03.25 | 11,8              | 73,9                 | 19           | 41,0             |
| JSB4       | 2014.03.31 | 13,1              | 100,2                | 20,5         | 49,0             |
| TZ4        | 2014.04.03 | 13,6              | 69,1                 | 19,3         | 43,0             |
| DC4        | 2014.04.03 | 13,6              | 70,5                 | 20           | 48,0             |